



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Ohjausjärjestelmän sivuohjauspaneelin kehitystyö

Antti Virta

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Konetekniikan koulutus
Koneautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Koneautomaatio

VIRTA, ANTTI:
Ohjausjärjestelmän sivuohjauspaneelin kehitystyö

Opinnäytetyö 56 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Kevät 2018

Nykyaikainen pitkälle automatisoitu ohjausjärjestelmä on useiden alajärjestelmien muodostama kokonaisuus. Syklisesti suoritettavan logiikkaohjelman lisäksi laitteiden käytöstä vastaavat operaattorit tarvitsevat mahdollisuuden toimilaitteiden ulkoiselle ohjaukselle. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa tietoa Insta Automation Oy:n käyttöön, uuden laitteiden ulkopuolisen ohjauksen mahdollistavan sivuohjauspaneelin valinnan tueksi. Tavoitteena oli kerätä tietoa SIMATIC S7 järjestelmään soveltuvista ohjaimista. Työ käsittelee aihepiiriä kvalitatiivisesti, jossa tutkittavien laitteiden laadullinen soveltuvuus määritellään sen perusteella, kuinka hyvin ne täyttävät asetut kriteerit. Kaikkien työssä käsiteltävien laitteiden ja komponenttien ominaisuudet ja soveltuvuustiedot ovat peräisin valmistajien teknisistä ohjekirjoista. Teoriaosuuden standardeihin liittyvät tiedot ovat peräisin kunkin standardin suomenkielisestä versiosta.

Tutkimuksessa selvitettiin ne kriittiset ominaisuudet, jotka uuden laitteen tulee vähimmäistasolla saavuttaa. Laitteiden ominaisuuksia vertailtiin ohjelmallisesta, laitteistollisesta ja kustannusrakenteellisesta näkökulmasta. Valmistuotteiden vertailun lisäksi työssä käsiteltiin itse toteutettavan sivuohjauspaneelin valmistamisen mahdollisuuksia, tarvittavia komponentteja ja valmistusteknisiä kysymyksiä. Työn tuloksena saatiin kattava katsaus tällä hetkellä markkinoilla olevien paneelien ominaisuuksista ja soveltuvuudesta SIMATIC S7 järjestelmään. Lisäksi työn aikana todettiin, että kaikkia lähtökohdissa määriteltyjä ominaisuuksia ei ole mahdollista saavuttaa muutoin kuin valmistamalla laite yrityksen sisällä.

Sivuohjauspaneelin valmistaminen niin, että se täyttää sille asetetut vaatimukset, on täysin mahdollista. Paneelin kehitykseen varattavia resursseja määritettäessä on pidettävä mielessä, että tässä dokumentissa esitettyjen teknisten ratkaisujen toteuttaminen on osaltaan täysin uudenlaisen kokoonpanon luomista. Kehitykseen sisältyy edelleen useita avoimia kysymyksiä, joihin vastauksen saaminen edellyttää käytännön testausta, dokumentointia ja suunnittelua.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Machine Automation

VIRTA ANTTI:

Development Work for The Control Panel of The Control System

Bachelor's thesis 56 pages, appendices 1 page

April 2018

Modern control systems consist of several subsystems. In addition to run-time program, the operators need a device for controlling the machine. The purpose of this thesis was to gather information and compose support material for Insta Automation Oy to aid them in the process of selecting a new side operating panel. The object of the case study was to compare SIMATIC S7 compatible controllers.

The case study provided information on state of the art handhelds. A comparison of the devices was made taking into account software and hardware development as well as the final cost. The research included a self-made device since none of the commercially available handhelds met the requirements set by the company.

The results of the study indicate that it is possible to manufacture a panel in a way that it meets the safety, communication, usability, and cost structure related objectives. In the process of defining resources for the development of the panel, it should be kept in mind that the technical solutions in this document represent a completely new kind of implementation of components. Further investigation on the topic would be needed to answer the still open questions related to the creation of a finished product.

Key words: control system, side operating panel, SIMATIC S7, connecting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	OHJAUSJÄRJESTELMÄ.....	9
2.1	Ohjausjärjestelmän periaate ja rakenne	9
2.2	PLC- Programmable Logic Controller	11
2.3	Hajautettu I/O	13
2.4	Järjestelmän kommunikointi.....	14
2.5	Ethernet.....	15
2.6	Ethernet pohjaiset aikakriittiset protokollat.....	16
2.6.1	PROFINET.....	17
2.6.2	PROFIsafe.....	18
3	HUMAN-MACHINE INTERFACE.....	21
3.1	Rajapinnan tarkoitus	21
3.2	Sivuohjauspaneeli	22
3.3	Laitteen turvakomponentit.....	23
3.4	Kosketusnäyttö.....	24
3.5	Laitteen kommunikointitekniikka.....	25
3.6	Laitteiden ohjaus.....	26
4	UUELLEENVALINNAN LÄHTÖKOHDAT.....	27
4.1	Turvallisuus	27
4.2	Tekninen suorituskyky.....	27
4.3	Käyttökokemus	28
4.4	Kustannustekijät.....	29
4.5	Sivuohjauspaneelin valinnan kriteerit.....	30
5	LAITEVAIHTOEHDOT.....	31
5.1	Siemens SIMATIC HMI KTP900F.....	31
5.1.1	Näyttö.....	32
5.1.2	Proessori ja muisti	32
5.1.3	Soveltuvuus käyttötarkoitukseen	33
5.2	Keba.....	33
5.2.1	KeTop T55	34
5.2.2	KeTop T70	34
5.2.3	KeTop T150	35
5.2.4	Keban valmistamien laitteiden välinen vertailu.....	36
5.2.5	Yhteensopivuus SIMATIC järjestelmän kanssa	37
5.3	Omavalmisteinen ohjain	38
5.3.1	Hätä-seis-painike.....	38

5.3.2 Sallintapainike (DMS)	39
5.3.3 Paneeli	39
5.3.4 Laitteiden ohjaus	42
5.3.5 Langaton kommunikointi	43
5.3.6 Virtalähde	44
5.3.7 Kotelointi	46
5.3.8 Mallintaminen	47
5.3.9 Tarvittavat lisälaitteet ja komponentit.....	48
5.3.10 Omavalmistehjaimen kehityksestä muodostuvat kulut.....	49
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	51
LÄHTEET	53
LIITTEET	56

LYHENTEET JA TERMIT

Deterministinen	Rajallinen tulosvaihtoehtojen määrä tietylle syötteelle
FCS	Ethernet-kehiksen tarkistussumma (Frame Check Sequence)
HMI	Ihmisen ja koneen välinen rajapinta (Human-Machine-Interface)
I/O	Tulo/Lähtö (Input/Output)
IRT	Profinet standardin lisäys jossa kommunikoinnin sykлинаika on max 1 ms (isochronous Real-time)
IWLAN	Teollisuuden tarpeisiin räätälöity langaton Ethernet-protokolla (Industrial Wireless Local Area Network)
MAC	Verkon varaamisesta vastaava osajärjestelmä (Medium Access Control)
PLC	Ohjelmoitava logiikkaohjain
PROFINET	Teollisuuteen tarkoitettu Ethernet-pohjainen kommunikointistandardi (PROcess Field NET)
PWM	Pulssinleveysmodulaatio (Pulse Width Modulation)
RT	Profinet standardin lisäys jossa kommunikoinnin sykлинаika on max 10 ms (Real Time)
SIL	Turvallisuuden eheystaso (Safety Integrity Level)
SIMATIC	Siemens autoMATIC Siemensin ohjelmoitavien logiikoiden tuotenimi.

1 JOHDANTO

Nykyaikainen koneiden ohjaukseen tarkoitettu automaatiojärjestelmä koostuu useasta alajärjestelmästä. Alajärjestelmällä tarkoitetaan sellaisia kokonaisuuden osia, jotka pystyvät itsenäisesti suorittamaan määriteltyjä tehtäviä. Järjestelmän saumaton toiminta edellyttää, että kaikki siihen liitetyt osat kykenevät kommunikoimaan keskenään ennalta määritellyn ohjelman mukaisesti. Järjestelmän pääasiallinen toiminta on automaattista perustuen ohjelman sykliseen suorittamiseen. Tarve prosessin ulkoiselle ohjaamiselle syntyy tilanteissa, joissa alkuperäistä kokoonpanoa, ohjelmaa tai parametreja halutaan muokata. Ohjaaminen suoritetaan tavallisesti järjestelmään kiinteästi liitetyn tietokoneen avulla. Turvallisuuden kannalta on kuitenkin tärkeää, että laitteita ohjaava operattori pystyy toimimaan myös pääasiallisen ohjauspaikan ulkopuolella. Tällöin laitteiden ohjaus suoritetaan kannettavalla sivuohjauspaneelilla.

Aiemmin järjestelmän mukana toimitetun sivuohjauspaneelin valmistaja on ilmoittanut laitteen siirtyvän elinkaarimallin varaosavaiheeseen. Uudelleenvalinta suoritetaan, jotta järjestelmän osana voidaan tarjota myös tulevaisuudessa mahdollisuus laitteiden ohjaamiseen pääasiallisen ohjauspaikan ulkopuolella. Tehtäessä valintaa laitteelle, joka liitetään osaksi automaatiojärjestelmää, on otettava huomioon se miten kunkin laitevalmistajan järjestelmät, kommunikointiprotokollat ja toiminnallisuudet ovat muodostuneet täysin toisistaan poikkeaviksi tekniikoiksi. Opinnäytetyön tarkoituksena on koostaa yhteen se tarvittava tieto, jota tukena käyttäen voidaan suorittaa valinta SIMATIC S7 järjestelmään soveltuvasta sivuohjauspaneelistä. Soveltuvuus määritellään sen perusteella miten hyvin valittava laite täyttää sille asetetut vaatimukset. Vaatimukset muodostuvat tavoiteltavien ominaisuuksien ja standardien pohjalta. Teknisessä selvitystyössä pyritään vastaamaan suurimpiin soveltuvuuteen vaikuttaviin kysymyksiin.

Konedirektiivi määrittää vaatimukset turvakomponenttien deterministiselle toiminnalle. Tämä tarkoittaa, että valittavan laitteen tai komponentin ominaisuudet ja luokitukset on tunnettava. Lisäksi konedirektiivi määrittelee toiminnot tilanteelle, jossa turvakomponenttien tilatietoja ei kyetä lukemaan. Jotta järjestelmän toiminta olisi vakaata, on käytettävän kommunikointitekniikan kyettävä tilatietojen siirtoon aina määritellyn ajan sisällä. Se miten tieto saadaan ennustettavasti siirretyksi järjestelmään, on kehitystyön suurimpia kysymyksiä.

Sivuohjauspaneeli on ihmisen ja koneen välinen rajapinta, jossa fyysiset toiminnot muutetaan koneiden ymmärtämissä käskyiksi ja toisinpäin. Laite kokoaa yhteen monimutkaisten toimintojen kokonaisuuden ja näin ollen kuvastaa käyttäjälleen koko järjestelmän laatua. Kehitystyössä toimintojen arviointi on tehtävä inhimillisestä näkökulmasta, samalla mielessä pitäen järjestelmän muodostamat kriteerit ja toimintojen tekninen toteutus.

2 OHJAUSJÄRJESTELMÄ

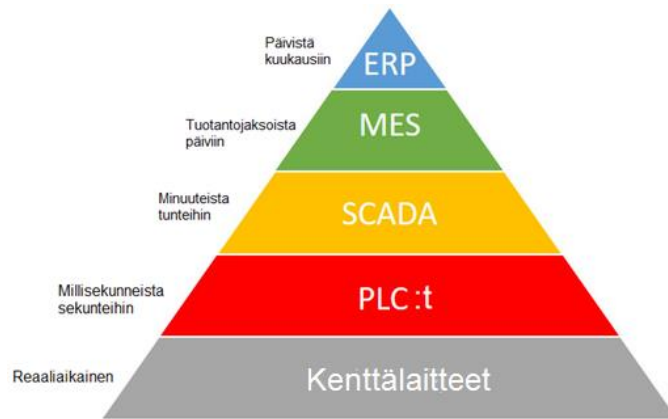
Seuraavan kappaleen tarkoitus on perehdyttää lukija ohjausjärjestelmän periaatteisiin. Osion rakenne noudattelee kaavaa, jossa ylin otsikko on käsiteltävän asian juuri. Kappaleessa käsitellään sitä tarvittavaa tietoa, jota tukena käyttäen sivuohjauspaneelin kehitystyö on tehty.

2.1 Ohjausjärjestelmän periaate ja rakenne

Ohjausjärjestelmää voidaan ajatella prosessina, joka reagoi tuleviin tietoihin suorittamalla niille määritellyn muunnoksen ja asettamalla lopputuloksena syntyneen tiedon takaisin prosessiin. Nykyaikainen ohjausjärjestelmä pohjautuu usein sähköisiin komponentteihin, ohjelmistoihin ja mittautustietoihin. SFS-EN 62061- standardin määritelmän mukaan sähköiseen ohjausjärjestelmään kuuluu:

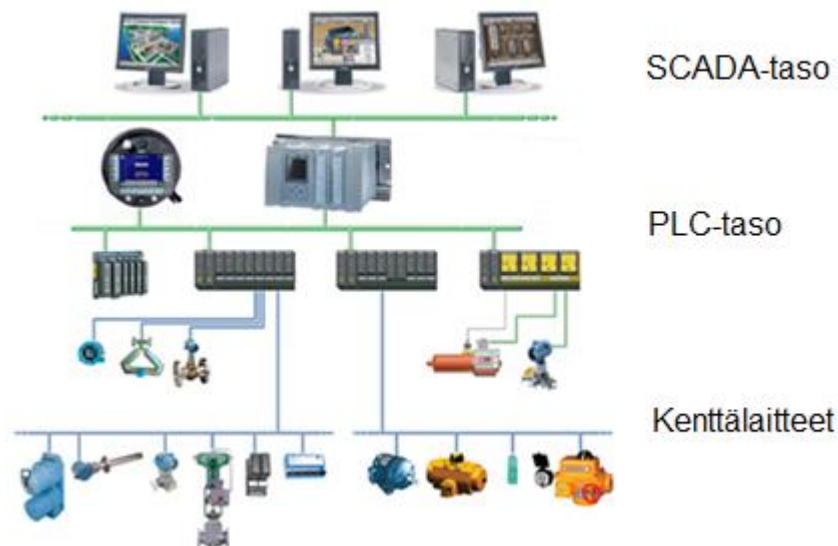
koneen ohjausjärjestelmän kaikki sähköiset, elektroniset ja ohjelmoitavat elektroniset osat, joita käytetään esimerkiksi toimintojenohjaukseen, valvontaan, toimintainkytkentään, tietoliikenteeseen, suojaukseen ja turvallisuuteen liittyviin ohjaustoimintoihin. (SFS Online, SFS-EN 62061, 3)

Teollinen ohjausjärjestelmä koostuu useista eri hierarkiatasoista. Hierarkiatasot voidaan jakaa ISA95-profiilin mukaisesti erillisiin toiminnan tasoihin. Profiilin alimmalle tasolle sijoittuvat kaikki järjestelmässä käytetyt fysikaalisesta toiminnasta vastaavat toimilaitteet. Tasot etenevät prosessitiedon mittauksesta ja käsittelystä valvontaan ja ohjaukseen. Prosessin yksittäisiin sykleihin vaikuttavien tasojen yläpuolelle sijoittuvat MES ja ERP tasot varmistavat tavoitellun kokonaislopputuloksen saavuttamisen. Kullekin tasolle ominaista on se, että ne ottavat vähemmän kantaa yksittäisiin toimintoihin verrattuna hierarkiassa alemmalle tasolle sijoitettuun toiminnallisuuteen. Kuvassa 1 on nähtävissä ISA95-profiilin rakenne. (Hollender 2010, 3.)



KUVA 1. ISA95-profiili (Pieter Hamans, muokattu)

Lopputuotetta tuottamattomissa automaatiojärjestelmissä ylin hierarkiataso rajoittuu tavallisesti kuvan 1 SCADA-tasoon. Tälle tasolle sijoitetut laitteet eivät ole suoraan tekemisissä prosessin ohjauksen kanssa, vaan pikemminkin määrittävät ne parametrit, joita PLC-tason laitteiden tulee noudattaa. Tasot ovat kytköksissä toisiinsa siten, ettei tavoitteita saavuteta mikäli ylemmän tason asettamat parametrit eivät saavuta alemman tason toimintoja. Kuvassa 2 on nähtävissä automaatiojärjestelmän rakenne, joka noudattelee ISA95-profiilia. (Hollender 2010, 4-6.)



KUVA 2. Automaatiojärjestelmän rakenne

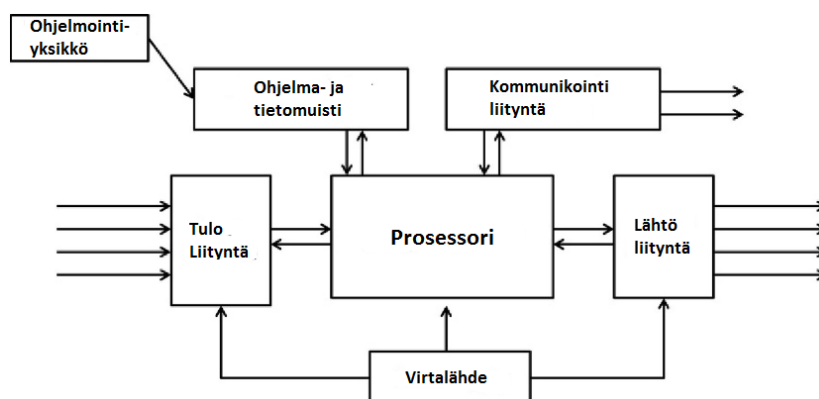
Kuvassa SCADA-tasolle sijoittuvat tietokoneet ovat tarkoitettu laitteiden toiminnasta ja ohjauksesta vastaavien operaattorien käyttöön. Kuvassa PLC-tasolle sijoitetun sivuohjauspaneelin toiminta voidaan ajatella hajautusyksikön kaltaiseksi. Vaikka paneeli ei suoraan tarkkaile prosessin arvoja ovat sen toimintamekanismit ja oikeudet samankaltaiset, kuin hajautusyksikön. Järjestelmän päälogiikka toimii ylimpänä prosessin yksit-

täisiin osasiin puuttuvana elimenä. Kuvassa anturitason laitteiden toiminnoissa poikkeavuuksia ilmenee turvakomponenteissa, joiden oikeudet ovat laajemmat, kuin tavallisten toimilaitteiden.

2.2 PLC- Programmable Logic Controller

PLC eli ohjelmoitava logiikkaohjain on ohjausjärjestelmän laite, jota voidaan pitää automaattiosysteemin tärkeimpänä osasena. Laite on ohjaukseen erikoistunut mikroprosessoripohjainen kokoonpano, joka käyttää ohjelmoitavaa muistia määritysten tallentamiseen ja toimintafunktioiden toteuttamiseen. Erilaisia toiminnallisia funktioita ovat esimerkiksi; jaksotus, ajastus, laskenta, logiikka ja aritmetiikka. Laitteesta käytetään usein nimitystä logiikka, koska ohjelmointi keskittyy pääasiallisesti logiikan tarkistuksiin ja kytkentäoperaatioihin. Esimerkiksi jos A tai B esiintyvät kytketään päälle C, tai jos A ja B esiintyvät kytketään päälle D. Logiikkaoperaation tulot A ja B kuvastavat tulokanaviin kytkettäviä laitteita esimerkiksi antureita tai kytkimiä. Vastaavasti C ja D edustavat lähtökanaviin kytkettäviä laitteita, kuten moottoreita ja venttiileitä. (Mehta & Reddy 2015, 37.)

Logiikan toimintaan liittyvät komponentit koostuvat tyypillisesti prosessorista, muistista, virtalähteestä, tulo/lähtöliitännästä, kommunikointiliitännästä ja ohjelmointiyksiköstä. Kuvassa 3 on havainnollistettu kuvaus logiikan tyypillisestä kokoonpanosta. (Mehta & Reddy 2015, 38.)

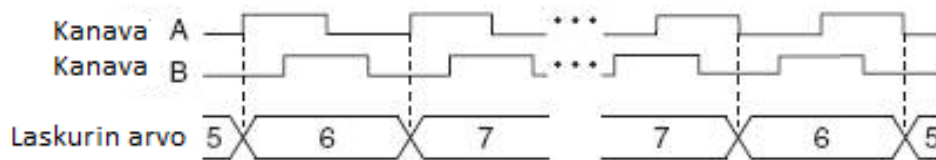


KUVA 3. Logiikan kokoonpano (Mehta & Reddy, muokattu)

Tarkasteltaessa kuvan 3 kokoonpanoa, voidaan eri komponenttien välille piirrettyjen nuolien perusteella määritellä niiden sijainti ISA95-profiilin eri tasoille. Ohjelmointiyk-

sikkö, joka on tarkoitettu logiikassa suoritettavan ohjelman eli prosessiparametrien luomiseen sijaitsee profiilin SCADA-tasolla. Ohjelmointiyksikön ei ole tarkoitus puuttua käynnissä olevan prosessin yksittäisiin toimintoihin, vaan ainoastaan tallentaa määritellyt suuntaviivat prosessorin tarkasteltavaksi logiikan ohjelma- ja tietomuistiin. Siirryttäessä ISA95-profiilin PLC-tasolle nähdään, kuinka eri toiminnoista vastaavat komponentit kommunikoivat keskenään. Logiikan toiminta voidaan yksinkertaistaa kuvassa myötöpäivään suoritettaviksi sykleiksi. Syklin alussa prosessori tallentaa prosessin nykyisen tilan tuloliittynnän tilatietojen perusteella tietomuistialueelle. Seuraavassa vaiheessa prosessikuvaa verrataan ohjelmamuistiin tallennettuun tarkistussummaan. Luku- ja poiketessa toisistaan suorittaa prosessori ohjelmassa määritellyt toimenpiteet, joko vaikuttamalla suoraan lähtöliittynnän tilaan tai siirtämällä tiedon kommunikointiliittynnän kautta kenttäväylään liitetyle laitteelle, joka on määritelty kyseiseen korjaavaan toimenpiteeseen. Kommunikointiliittymä toimii puhtaasti PLC-tasolla. Liittynnän toisessa päässä on usein toinen logiikka, joka omaa omat lähtö- ja tuloliittymänsä. Tulo- ja lähtöliittymäihin on kytketty anturitason fyysisiä toimilaitteita. Logiikkakokoonpanon virtalähde on tarkoitettu vaihtojännitteen muuntamiseen tasajännitteeksi. (Bolton 2009, 7-9; Hollender 2010, 4-6.)

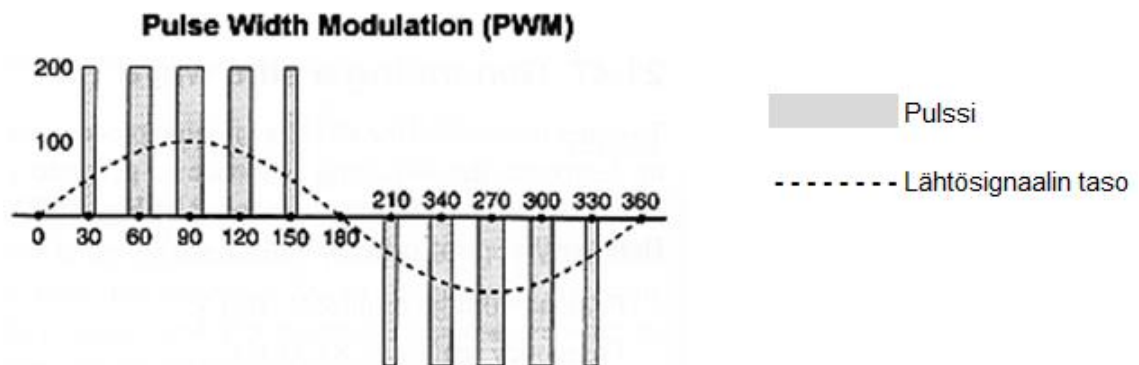
Tulolaitteilla tarkoitetaan erilaisia digitaalista tai analogista virta- tai jänniteviestiä lähettäviä laitteita. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi rajakytkimet, pulssianturit ja potentiometrit. Laitteille yhtenäistä on se, että ne tuottavat käyttökelpoisen sähköisen signaalin määrätystä fyysisestä vaikutuksesta. Toimintaa voidaan kuvata pulssianturin toiminnalla, jossa liikkeen johdosta anturin signaali käyttäytyy pulssimaisesti. Asettamalla vähintään kaksi anturia vaihe-eroon toisiinsa nähden ja tarkkailemalla pulssien lukumäärää ja järjestystä, on mahdollista selvittää liikkeen suunta ja määrä. Kuvassa 4 on kuvattu sitä signaalia, jota kaksikanavainen pulssianturi tuottaa. (National instruments, Encoder measurements.)



KUVA 4. Pulssianturin toiminnan periaate

Logiikan lähtöliittimien toiminta voidaan jakaa tyypillisesti kahteen toimintaluokkaan, digitaalisiin ja analogisiin. Digitaalisilla lähdöillä voidaan ohjata toimilaitteita, joiden

käyttö tapahtuu kytkemällä laite päälle tai pois. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi releet, suuntaventtiilit ja suorakäyttöiset dc-moottorit. Digitaalisen lähdön toiminta on verrattavissa suoraan yksittäisen bitin tilaan. Bitin ollessa tilassa 0 lähdön jännite on 0 Vdc ja bitin ollessa tilassa 1 on lähdön jännite syötettävän jännitteen maksimi tasossa. Analoginen lähtö on tarkoitettu erilaisten referenssisignaalien tuottamiseen. Tällaisena voidaan ajatella esimerkiksi moottorin pyörimisnopeuden säätöä, jossa 0 Vdc edustaa nopeutta 0 rpm ja maksimi Vdc edustaa moottorin maksimi rpm tasoa. Analogisen lähdön signaali muodostetaan usein pulssinleveysmodulaatiolla (PWM). Tekniikassa lähdön tilaa muutetaan erittäin nopeasti 0 Vdc ja maksimi Vdc välillä. Se, kuinka suuren osuuden tarkkailujaksosta jännite on maksimitasossaan, määrittelee tasajännitteen keskimääräisen tason. Esimerkiksi jännitteen ollessa maksimitasossa puolet jaksonajasta on keskimääräinen jännite maksimi jännitteen puolikas. Se, miten hyvin PWM signaali muistuttaa tavoiteltua analogista signaalia, riippuu käytettävän lähdön resoluutiosta. Kuvassa 5 on esimerkki siitä, miten pulssinleveys vaikuttaa lähtösignaalin tasoon. (Mehta & Reddy 2015, 47; Lawson, Electric Drives - Motor Controllers and Control Systems.)



KUVA 5. Pulssinleveyden vaikutus lähtösignaalin tasoon (mpoweruk, muokattu)

2.3 Hajautettu I/O

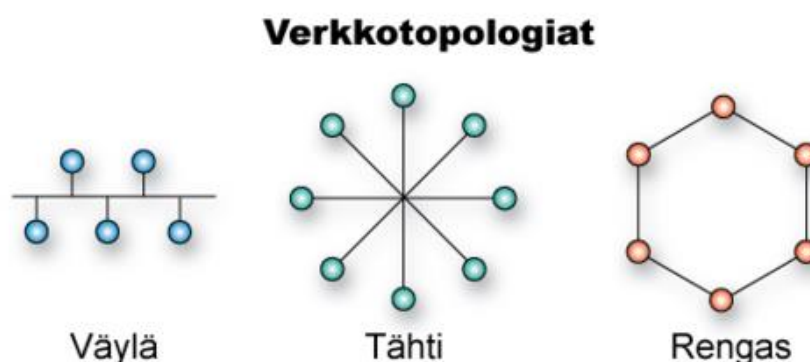
Nykyaikaisessa automaatiojärjestelmässä tarkkailtavat ja ohjattavat toimilaitteet on usein sijoitettu eripuolille prosessialuetta, kuin järjestelmän päälogiikka. Heikkojen virta- ja jänniteviestien siirto pitkiä matkoja suojaamattomissa kaapeleissa altistaa viestin häiriöille ja heikkenemiselle. Häiriö voi ilmetä esimerkiksi suurijännitteisen moottori-kaapelin indusoimasta magneettikentästä kytkeytymällä. Siirtämällä viestejä vastaanottavat tulokanavat lähelle kohdetta pystytään tehokkaasti pienentämään häiriöriskiä ja johdotuskustannuksia. Lisäksi lähtö- ja tulopiirien viestit saadaan muutettua mahdolli-

simman nopeasti kommunikointiväylään soveltuvaan digitaalimuotoon. Toiminnasta vastaa laitteisto, jota kutsutaan hajautetuksi I/O:ksi. Hajautuksen asema järjestelmän hierarkiatasolla sijoittuu järjestelmästä vastaavan logiikan ja tulolaitteiden väliin. Hajautusasemat ovat itsessään myös logiikoita, mutta omaavat huomattavasti pienemmän laskenta- ja muistikapasiteetin kuin järjestelmälogiikka. (Siemens Suomi, Hajautettu I/O.)

Hajautusaseman tehtävä on käsitellä kenttälaitteiden signaalit ja kommunikoida järjestelmän kanssa. Hajautusasema tarkkailee omien tulo- ja lähtöporttensa tilaa ohjelmasyklin mukaisesti ja koontaa kerätyn datan kenttäväylään siirrettäväksi tiedoksi. Hajautuksien käytön suurin etu saavutetaan useiden tulo- ja lähtökanavien sovittamisessa yhteen kenttäväylään. (Mehta & Reddy 2015, 51; Siemens Suomi, Hajautettu I/O.)

2.4 Järjestelmän kommunikointi

Eripuolille laitosta hajautettujen verkkolaitteiden liittämiseksi järjestelmään tarvitaan jonkinlainen verkkorakenne. Verkkorakenteen mallia kutsutaan verkkotopologiaksi ja sillä voi olla erilaisia muotoja. Yleisimpänä verkkorakenteen mallina voidaan pitää väyläverkkoa, jossa verkkoon kytketyt laitteet ovat liitetty yhteen yhdistävään kaapeliin. Erilaisia verkkotopologioita ovat esimerkiksi rengas- ja tähtitopologiat. Kuvassa 6 on nähtävissä erilaisten topologioiden rakenne. (Wisniewski 2017, 37.)



KUVA 6. Verkkotopologiat (Wikipedia, Verkkotopologia)

Erilaisia verkkotopologioita käytetään eri sovelluksissa, niiden vaatimusten perusteella. Esimerkiksi rengastopologiaa käytetään usein sovelluksissa, joissa tarvitaan korkeaa toimintavarmuutta. Rengastopologian toimintavarmuuden takaa se, ettei laitteiden yhte-

ys PLC:hen katkea kaapelirikon yhteydessä, vaan yhteys pysyy yllä renkaan toisesta päästä. (Wisniewski 2017, 38.)

2.5 Ethernet

Ethernet on lähiverkkoratkaisu, jonka toiminnalle ominaista on pakettipohjainen kommunikointi. Ethernetin pakettipohjaisuus ilmenee sen kehysrakenteesta, joka koostuu kahdesta merkittävästä elementistä: kehyksen otsikosta ja datakentästä. Tiedonsiirron toiminnan kannalta on kriittistä määrittää kuka tiedon lähettää ja kenelle tieto lähetetään. Tästä johtuen Ethernet-kehyksen otsikkoon on määritelty 6 tavun mittaiset kentät kohde- ja lähdeosoitteelle. Hyötykuormakenttä on varattu käyttäjän sisällyttämälle tiedolle. Tämän kentän laajuus on 46–1500 tavua. Lisäksi kehykseen on lisätty 8 tavun laajuinen tahdistusosuus, jonka 7 ensimmäistä tavua toistavat 0xAA mukaista jaksollista aaltomuotoa. Tahdistuksen kahdeksas tavu toistaa numeron 0xAB, jonka jälkeen kehys sisältää kohdetiedon. Datakentän jälkeen kehykseen on sisällytetty viestin korruptoitumisen tarkastamisesta vastaava tarkistussumma FCS (Frame Check Sequence) Kuvassa 7 on nähtävissä ethernet kehyksen periaatekuva. (Wisniewski 2017, 39–42; Reynders & Wright, 2003, 43.)

Tahdistus		Kehys				
0xAA	S	Kohde osoite	Lähde osoite	Tyyppi/ pituus	Hyötykuorma	FCS
	F D					
8 tavua		6 tavua	6 tavua	2 tavua	46 - 1500 tavua	4 tavua

KUVA 7. Ethernet-kehyksen rakenne

Kehyksen lähetyksessä verkon varaamisesta ja liikennöinnistä vastaava osajärjestelmä MAC (Medium Access Control) tarkistaa väylän tilan. Verkko todetaan vapaaksi 96 tavun mittaisen tyhjän välin jälkeen. Verkon ollessa vapaa, asettaa lähetin törmäyksen havaitsemiseen tarkoitetun piirin aktiiviseksi, jonka jälkeen kehys lähetetään. Jokaisen solmukohdan lähetin tarkkailee taukoamatta verkon liikennettä lähetettyjen signaalien varalta. Kun signaali tunnistetaan, aloittaa vastaanottava lähetin tahdistuksen ja muuntaa Manchester-koodatun datan takaisin binäärimuotoon. Jos kehyksen kohdeosoite on tar-

koitettu vastaanottavalle lähettimelle, ladataan koko kehys. (Reynders & Wright 2003, 50–51.)

2.6 Ethernet pohjaiset aikakriittiset protokollat

Ethernet suunniteltiin alun perin koti- ja toimistokäyttöön, eikä näin ollen sen kehityksessä ole otettu huomioon prioriteetiltaan tärkeämmän datan käsittelyä. Ethernet-kommunikaation edut haluttiin kuitenkin hyödyntää myös muilla toimialueilla, jonka seurauksena kommunikaation determinististä toimintaa lähdettiin kehittämään teollisuuden tarpeisiin. Jotta aikakriittisen datan käsittely ja siirto olisi mahdollista, on Ethernetin täytettävä seuraavat kriteerit. (Pigan & Metter, 2008, 43.)

- Lohkotus/lajittelu: Verkon komponenttien on pystyttävä varmistamaan, että aikakriittinen data ei sekoitu koskaan risteävän liikenteen kanssa mukaan lukien tilanteet, joissa toiminta ei ole oletettua.
- Aikaväli komentosarja: Aikakriittisten systeemien toiminta määritellään sarjoiksi, jotka ilmenevät tietyssä kohtaa jaksoa. Aikaväli komentosarja varmistaa, että tarvittava data lähetään juuri tietyllä jakson hetkellä.
- Ajan tahdistus: Jotta haluttu samanaikaisuus saavutetaan, tulee kaikkien prosesseissa toimivien kellojen toimia samanaikaisesti määritellyn toleranssin puitteissa. (Pigan & Metter, 2008, 43.)

Ethernetin pohjalle määriteltyjä aikakriittisiä protokollia on useita, esimerkiksi IEEE 802.1 Time Sensitive Network, AES AS 6802 TTEthernet, EtherCat ja PROFINET.

Kaikille protokollille yhtenäistä on, että ne omaavat seuraavat ominaisuudet. (Wisniewski, 2017, 44.):

- Edistynyt datan priorisointi, välitys ja resursointi
- Aikaliipaisuun perustuva kommunikaation aikataulutus
- Yhtenäisen ajan käsite

2.6.1 PROFINET

Profinet (PROcess FIeld NET) on Profibus Internationalin vuonna 2000 julkaisema teollisuus-Ethernet-standardi. Standardissa aikakriittiset toiminnot on tehty mahdolliseksi reaaliaikaisilla protokollalisäyksillä. Profinet kommunikointi tukee EI-aikakriittisen ja aikakriittisen tiedon siirtoa samassa väylässä. Protokollalisäykset skaalatutuvat kolmeen tasoon: TCP/IP, RT ja IRT (Siemens Suomi, Profinet; Pigan & Metter 2008, 43).

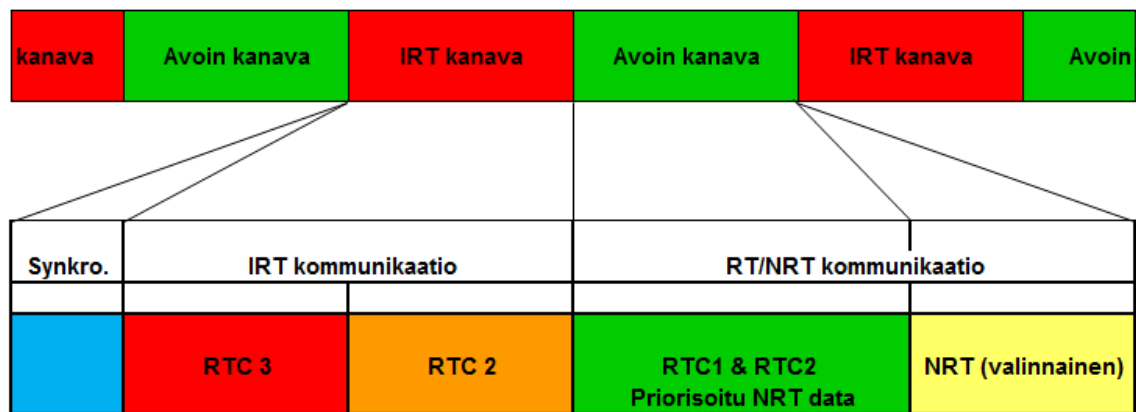
TCP/IP on kokoelma yksittäisiä protokollia, joiden tarkoitus on muodostaa kokonaisuus tietokoneiden kommunikoinnin mahdollistamiseksi samalla kielellä. TCP/IP voidaan kuitenkin ajatella yhdeksi kokonaisuudeksi, joka koostuu kahdesta osasta. TCP (Transmission Control Protocol) kontrolloi datan siirron ja vaihdon. IP (Internet Protocol) tarvitaan laitteen tunnistettavaan nimeämiseen verkossa. Protokolla on tarkoitettu EI-aikakriittisen tiedon siirtoon. (Pigan & Metter 2008, 43.)

RT (Real Time) kommunikointi on toteutettu Profinet-standardissa provider/consumer mallilla. Consumer toimii väylää tarkkailevana ja providerista riippuvaisena vastaanottajana. Jaksollinen data, kuten prosessin arvot lähetetään määritetyin väliajoin providerilta consumerille suojaamattomana ilman vahvistusta. RT-kommunikointiin pätee seuraavat ominaisuudet (Pigan & Metter 2008, 47–48):

- Tiedon siirto tapahtuu Connection-oriented kommunikaatiotilassa. Yhteyden muodostus ja vapautus on toteutettu korkeamman tason protokollalla.
- Lähettäjä (provider) ei vastaanota vahvistusta siitä onko kehys vastaanotettu.
- Vastaanottaja (consumer) tarkkailee väylää määritellyn monitorointiväliajan mukaisesti.
- RT kommunikointi ei tue lohkotusta tai lajittelua, joten ethernet kehystä pidemmät viestit hylätään.
- Datan käyttöliittymä toimii puskurointitilassa. Jos lähettäjän päivitystaajuus on suurempi kuin päivityksen määritelty taajuus, ei kaikkia lähettäjän puskuuriin tarjoamia tietoja edelleen lähetetä vastaanottajalle. Jos vastaanottajan päivitystaajuus on pienempi kuin päivityksen määritelty taajuus, arvot ylikirjataan uuden kehyksen saapuessa.
- Vastaanottaja käyttää sisäistä tahdistusta päivitystaajuuden määrittämiseen kullekin lähettäjälle.

IRT (isochronous Real-time) on korkean suorituskyvyn sovelluksiin tarkoitettu protokollasisäys. IRT protokolla saavuttaa erittäin tiukkaan määritellyn toimintanopeutensa kehittyneen kommunikoinnin suunnittelun ja erikoiskomponenttien ansiosta. Erillään EI-aikakriittisestä datasta toimiva IRT on osa kokonaista Profinet protokollaa ja tämän ansiosta se voidaan ottaa käyttöön samassa Ethernet infrastruktuurissa muun datan kanssa. (Wisniewski 2017, 54.)

Profinet kommunikaation toiminta on syklimäistä, jossa syklin sisäiset osuudet voidaan jakaa kahteen pääasialliseen vaiheeseen IRT- ja RT & TCP/IP-kommunikaatioon. Kuvassa 8 on havainnollistettu Profinet kommunikaation rakennetta.



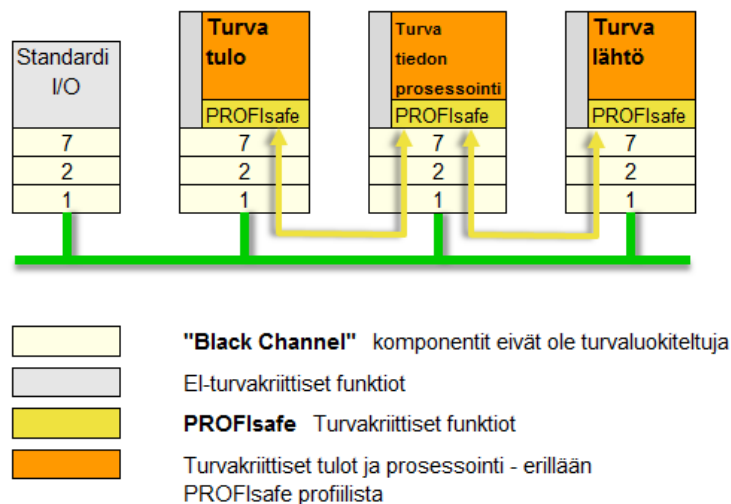
KUVA 8. Esimerkki siirron jakamisesta IRT kanavaan ja avoimeen kanavaan

- Punainen aikaväli on tarkoitettu ainoastaan ennalta määritellyn ja aikataulutetun IRT datan lähetykseen. Kommunikoinnin ollessa ennalta suunniteltua saavutetaan erittäin nopean vasteajan tiedonsiirto. IRT dataa siirtävät laitteet on ohjelmallisesti konfiguroitu lähettämään tietonsa tietyllä ajanhetkellä.
- Vihreä aikaväli on tarkoitettu RT ja standardin IEEE 802.3Q mukaan priorisoidun NRT tiedon siirtoon. Priorisoidun NRT tiedon kehys voidaan pidentää keltaiselle aikavälille. (Wisniewski 2017, 55; Pigan & Metter 2008, 51–52.)

2.6.2 PROFI-safe

Ennen integroitujen turvateknologioiden tuloa markkinoille, standardinomaisena toimenpiteenä oli rakentaa järjestelmä niin, että turva- ja normaalitieto käsiteltiin toisistaan

irralisissa systeemeissä. Tekniikan kehitys on kuitenkin mahdollistanut kahden eri toimintoja hallitsevan systeemin yhdistämisen. Tätä yhdistymistä varten on kommunikointiin täytynyt kehittää ylimääräinen turvatietoja välittävä kerros. Profisafe on Profibus internationalin lanseeraama sertifioitu profiili Profibus- ja PROFINET-standardeille. Profisafe-järjestelmä on tarkoitettu vapaasti ohjelmoitavien turvatoimintojen suorittamiseen ja tarvittavien turvatulo- ja turvalähtötietojen siirtoon. Profisafe-protokolla kerrosta Profinet-protokollan siten, että kaikki turvallisuuteen liittyvät tiedot eristetään tavallisesta kommunikoinnista. Profisafe profiilin turvatiedot on sijoitettu ISO/OSI kommunikointimallin 7 kerroksen yläpuolelta (kuva 9). Prosessin turvatiedot on pakattu tavallisen tiedon tapaan tavalliseen kehykseen. Tavallisen kehyksen käytön ansiosta turvatiedon käsittelyyn käytetään tavallisen tiedonsiirron mekanismeja. (Phoenix contact, PROFIsafe; Pigan & Metter 2008, 434.)



KUVA 9. PROFIsafe 7-kerros malli (Pigan & Metter 2008, muokattu)

Turvatiedon siirto tapahtuu Black Channel tekniikan avulla, jossa tietoliikenteen hallintaan tarkoitettut komponentit eivät ole turvakomponentteja. Käytettäessä Black Channel – periaatetta, jossa viestien korruptoitumista ei tarkkailla, on niiden oikeellisuus varmennettu turvakomponenteissa itsessään. Viesteissä voi esiintyä useita erilaisia virheitä. Taulukossa 1 on listattu mahdollisesti viesteissä ilmenevät virheet ja niille PROFIsafe lisäyksessä suoritettavat toimenpiteet. (Pigan & Metter 2008, 435.)

TAULUKKO 1. Viestien mahdolliset virheet ja profisafe-toimenpiteet (Pigan & Metter, 2008, muokattu)

Virhe	Toimenpide			
	Turvakehysten peräkkäinen numerointi	Vastaanoton ajastus tiettyyn hetkeen	Väärin osoitetun kehyksen tunnistus PROFIsafe koodin perusteella	Tiedon suojaus (CRC)
Toisinto	X			
Menetys	X	X		
Lisäys	X	X	X	
Virheellinen jaksotus	X			
Käyttäjätiedon vääristymä				X
Viive		X		
Turvakriittisen- ja tavallisedatan sekoittuminen, mukaan lukien vääristynyt ja kaksinkertainen osoitteistus		X	X	X
Reitittimen FIFO virhe		X		

Toisinnossa Ethernet-kehys lähetetään uudestaan, vaikka viesti on saavuttanut vastaanottimen. Lisäyksessä kehys on sekoittunut toisen kehyksen kanssa, tai se sisältää siihen kuulumatonta tietoa. FIFO (first in, first out) tarkoittaa tiedonkäsittelyä, jossa jonon ensimmäinen käsitellään ensimmäisenä. Käsittelyssä tapahtuvan virheen seurauksena kriittinen data käsitellään prioriteetiltaan alemman datan jälkeen. Käyttämällä turvakehysten numeroinnissa peräkkäisiä numeroita, pystyy vastaanottaja tarkistamaan sarjasta onko kaikki kehykset vastaanotettu. Jotta turvatoiminnoista vastaava laitteisto kykenee reagoimaan prosessissa ilmenneisiin tietoihin, pitää turvatiedon saapua määritellyllä ajanhetkellä. Tiedon CRC-suojaus on avainasemassa vastaaviin päätelaitteisiin tallennettujen parametrien eheyden varmistamisesta. Protokollalisäysten tarkoituksena on tunnistaa kommunikoinnissa tapahtuvat virheet ja tätä kautta varmistaa turvatoimintojen deterministisyys. (Pigan, Metter, 2008, 435.)

3 HUMAN-MACHINE INTERFACE

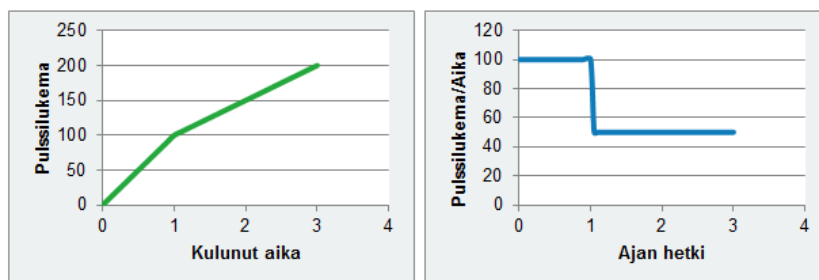
Kappaleen tarkoitus on perehdyttää lukija siihen miksi ja mihin HMI-laitteistoa käytetään. Yksityiskohtaisemmassa osuudessa paneudutaan kannettavan sivuohjauspaneelin käyttötarkoitukseen ja teknisiin yksityiskohtiin. Osion on tarkoitus selventää sitä miten seuraavissa osuuksissa esitettyihin johtopäätöksiin on päästy.

3.1 Rajapinnan tarkoitus

Laitteiden ohjaus voi tapahtua automaattisesti, perustuen johonkin prosessissa ilmenevään suureeseen tai ulkoisen käyttäjän ohjaamana. Ihmisen ja koneen väliseen kommunikointiin tarkoitettua rajapintaan kutsutaan yleisesti englanninkielisellä nimellään Human-Machine interface (HMI). Yksinkertaisimmillaan rajapinta voi olla yksittäinen painike, jonka toiminta on määritetty tiettyyn koneen osaan ja jonka toiminta vaikuttaa koneen käyttäytymiseen aina samalla tavalla. Nykyisten järjestelmien monimutkaisuuden ja laajuuden kasvaessa, ovat fyysisiin painikkeisiin perustuvat laitteet muuttuneet taloudellisesti, ekologisesti ja muokattavuudellisesti kannattamattomiksi. Taloudelliset ja teknologiset tekijät ovatkin ajaneet kehitystä siihen suuntaan, että HMI-laitteista on muodostunut ohjausjärjestelmään liitettäviä tietokoneita (Wonderware, HMI).

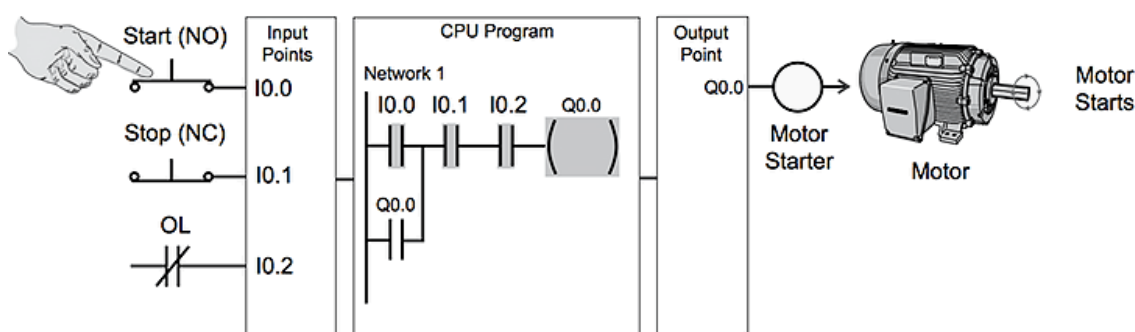
Nykyaikaisen HMI-laitteen tarkoitus on muuntaa digitaalisia ja analogisia signaaleja tarkoituksenmukaiseen ihmisen ymmärtämään muotoon. Tällaisia parametreja voi esimerkiksi olla paikka, nopeus, suunta ja käynnistyskäsky. Nopeuden mittausta perustuu usein paikkatiedosta vastaavan anturin lukeman muutosnopeuteen, eli ensimmäiseen aikaderivaattaan. Nopeasti tapahtuvien muutosten käsittely ilman laitteistoa on ihmiselle käytännössä mahdotonta. Kaaviossa 1 on esimerkkitapaus moottorin akselin paikkatiedosta vastaavan pulssianturin pulssilukeman ja nopeuden välisestä korrelaatiosta (Wonderware, HMI; Siemens industry online support).

KAAVIO 1. Pulssilukeman ja nopeuden välinen suhde



HMI-laitteen tarkoitus on näyttää käyttäjälle helposti ymmärrettävää dataa prosessin parametreista vaikeaselkoisten kuvaajien sijaan. Kuvaajan 1 grafiikka voidaan esittää vain yhtenä nopeutta esittävänä lukemana. (Wonderware, HMI).

Vastaavasti HMI-laitteen on tarkoitus muuntaa ihmiseltä saatavat käskyt koneiden ymmärtämään muotoon. Esimerkiksi painallus voidaan muuntaa laitteen käynnistyskäskyksi. Kuvassa 10 on havainnollistettu sitä prosessia, jolla logiikkaohjattu järjestelmä antaa käynnistyskäskyn käyttäjän ohjaamana. (Wonderware, HMI).



KUVA 10. Havainnollistus käynnistysprosessin toiminnasta (Engineering portal)

Havainnollituksen mukaisesti käyttäjän antaessa käynnistyskäskyn täyttyvät logiikka ohjelmassa määritellyt ehdot, jolloin moottorin käynnistyksestä vastaavan lähdön bitti asetetaan ykköseksi.

3.2 Sivuohjauspaneeli

Sivuohjauspaneelilla tarkoitetaan kannettavaa koneiden ohjaukseen tarkoitettua laitetta. Paneeli on tarkoitettu käyttöön, jossa laitteiden ohjaus tapahtuu pääasiallisen ohjauspai-

kan ulkopuolella. Nykyaikaisten paneelien toiminta perustuu lähes poikkeuksesta kosketusnäytön ja painikkeiden yhdistelmään. (Siemens Suomi, Kannettavat operointipaneelit)

Laitetta käytetään koneiden ohjauksen lisäksi prosessin arvojen tarkasteluun, erilaisten tavoitearvojen asettamiseen, parametrien määrittämiseen, ominaisuuksien ohittamiseen ja vian hakuun. Paneelien käyttöliittymä on tavallisesti graafinen sisältäen erilaisia painikkeita, kenttiä ja kuvaajia. Kuvassa 11 on Siemensin valmistama kannettava HMI-paneeli. (Siemens Suomi, Kannettavat operointipaneelit)



KUVA 11. SIMATIC 277F ja 277 kannettavat HMI-paneelit (Siemens Suomi, SIMATIC)

3.3 Laitteen turvakomponentit

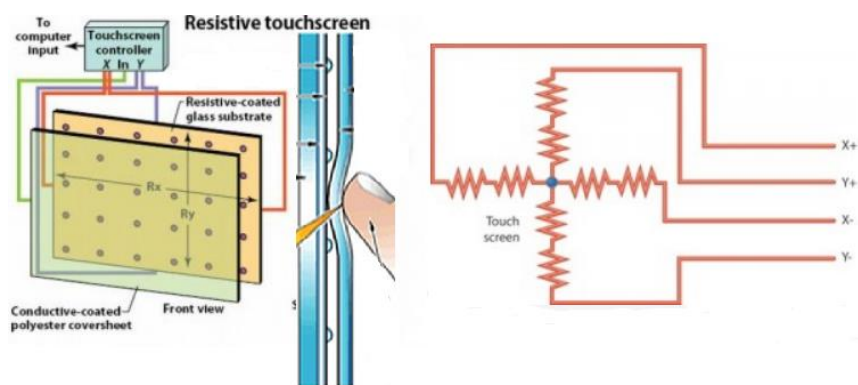
Koneiden ohjaukseen tarkoitetun ohjausjärjestelmän suunnitteluun sovelletaan koneturvallisuuden standardia SFS-EN ISO 62061, jossa määritetään vaatimuksia ja suosituksia koneiden turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien suunnittelulle, koneeseen yhdistämiselle ja kelpuutukselle. (SFS Online, SFS-EN 62061) Standardissa määritellään, että järjestelmälle saavutettava turvallisuuden eheyden taso on enintään yhtä suuri, kuin mille tahansa alajärjestelmälle esitettävän turvallisuuden eheyden taso. Tämä luo kriteerit sille, että HMI-paneelin tulee saavuttaa turvallisuuden eheyden taso SIL 3, jotta järjestelmä voi saavuttaa tason SIL 3. (SFS Online, SFS-EN 62061, 64)

Koneiden ohjaukseen tarkoitetun HMI-paneelin tulee sisältää hätä-seis-pysäytykseen tarkoitettu virallinen turvakomponentti, jonka toiminta perustuu pakkotoimiseen avautumiseen yhdistettynä mekaanisen lukkiutumisen kanssa. (SFS Online, SFS-EN ISO 13850, 15.) Lisäksi laitteen on omattava turvakomponentiksi luokiteltava sallintapainike. (SFS Online, SFS-EN ISO 12100, 68)

3.4 Kosketusnäyttö

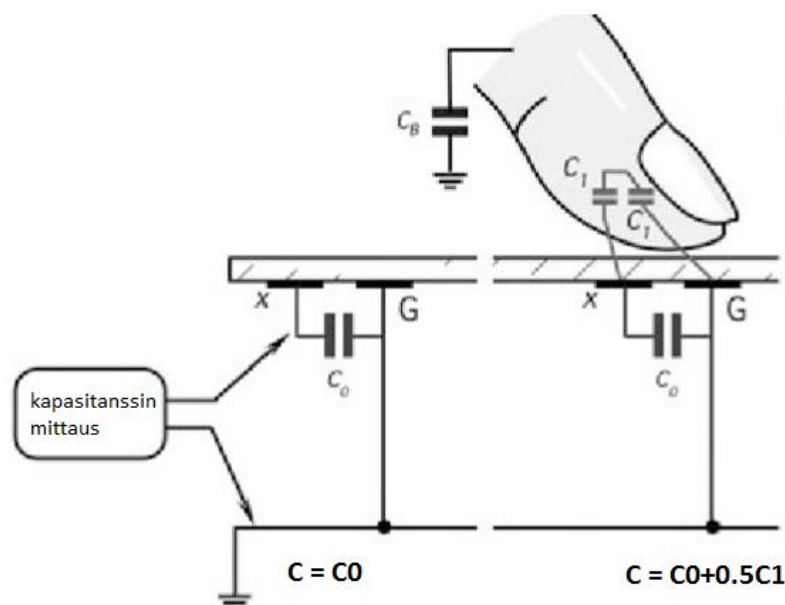
Laitteiden pääasiallinen hallinta tapahtuu kosketusnäytössä toistettavan grafiikan kautta. Paneelin käyttömukavuus ja intuitiivisuus on suuresti kiinni siitä, kuinka hyvin se vastaa käyttäjän käskyihin. Merkittävästi vastaavuuteen vaikuttaa se millä tekniikalla kosketus tunnistetaan. Kosketuksen tunnistukseen käytetään nykyisellään kahta toisistaan poikkeavaa tekniikkaa. (Baanto, Types Of Touch Screen Technologies.)

Resistiivisen kosketusnäytön toiminta perustuu kahteen toisistaan sähköisesti eristettyyn pintaan, joita käytetään koordinaattien laskentaan. Ulkoisen voiman vaikuttaessa näyttöön, kahteen toisistaan eristetyin pinnan välille syntyy kontakti. Kontaktin ansiosta pohjalle asetettuun matriisimaiseen pintaan ohjataan syöttöjännite. Jännitteen taso mitataan x ja y akselin suuntaisesti sijoitetuilta johdinpinnnoilta. Johdinpinnat omaavat määritellyn resistanssikertoimen, jonka ansioista pystytään tarkkaan määrittämään missä kohdassa kontakti on muodostunut. Kuvassa 12 on havainnollistettu resistiivisen kosketusnäytön toiminta. (General touch, 5-wire resistive touch technology.)



KUVA 12. Resistiivisen kosketusnäytön toiminta (General Touch muokattu)

Kapasitiivisen kosketusnäytön toiminta perustuu nimensä mukaisesti kapasitanssimittaukseen. Näyttö on valmistettu lasista, jonka koordinaatistomatriisiin jokaiseen pisteeseen on asennettu kaksi elektrodia. Toinen elektrodista on yhteydessä maapotentiaaliin ja toinen kapasitanssinmittaukseen. Johtavan kosketuksen vaikutuksesta näytön elektrostaattinen kenttä vääristyy. Muuttunut kapasitanssi pystytään tunnistamaan tiettyyn elektrodipariin ja tämän perusteella kosketus tunnistetaan tiettyyn pisteeseen. Kuvassa 13 on esimerkki kapasitiivisen kosketusentunnistuksen toiminnasta. (Fraden 2015, 328.)



KUVA 13. Kapasitiivinen kosketusentunnistus (Fraden 2015, 328, muokattu)

3.5 Laitteen kommunikointitekniikka

Kannettava HMI paneeli voidaan hajautetun I/O:n tavoin liittää järjestelmään Ethernetin avulla. Koneiden ohjaukseen ja turvalliseen hallintaan tarkoitetun paneelin on pystyttävä välittämään prosessille kriittiset viestit ajallaan. Tästä syystä kommunikointiin käytetään usein Ethernet-pohjaisia teollisuusprotokollia. Käytettävyyden parantamiseksi kannettavissa laitteissa käytetään usein ethernetin langattomia ratkaisuja. IWLAN (Industrial Wireless Local Area Network) on standardin IEEE 802.11 lisäys, jossa erinäisiä kommunikoinnin varmuuteen liittyviä toimintoja on parannettu. Langattoman kommunikoinnin toiminta perustuu radioaaltoihin, jossa lähetettävä viesti sisällytetään taajuuden vaihteluihin. Käytettäessä sähkömagneettista säteilyä tiedonsiirtoon merkittäväksi tietoliikenteen vakauteen vaikuttavaksi tekijäksi muodostuu ympäristön vaikutus tietoa korruptoivana tekijänä. Kaikentyyppiset esteet vaikuttavat aallon etenemiseen heijasta-

en, hajauttaen, absorboiden, häivyttäen ja taivuttaen. Signaalissa esiintyvien virheiden vuoksi lähetetyt viestit vääristyvät tai katoavat kokonaan. (Pigan & Metter 2008, 323-327.)

Sivuohjauspaneelin kommunikoinnissa kriittisenä elementtinä voidaan ajatella hätäpysäytykseen tarkoitettua hätä-seis-piiriä. Piirin kytkentä on toteutettu aukeavasti, jolloin kytkimen läpi kulkeva virta katkeaa. Järjestelmän kannalta samankaltaiseen tilanteeseen päädytään kommunikoinnissa tapahtuvissa virheissä, joissa hätä-seis-piirin tilatiedosta vastaava viesti häviää. Järjestelmän tulee käsitellä häviäminen samaan tapaan kuin painikkeen painamisen, jolloin hätäpysäytys aktivoidaan. Säättämällä ohjelmallisia piirin tarkistukseen asetettuja sykлинаikoja voidaan välttyä hätäpysäytyksen tahattomalta laukaisulta tilanteissa, joissa kommunikoinnissa tapahtuu korruptoitumisia. (SFS Online, SFS-EN ISO 12100, 68; Joutsniemi 2018.)

3.6 Laitteiden ohjaus

Laitteiden ohjaus voidaan toteuttaa graafisesti erilaisilla liikusäätimillä ja painikkeilla tai fyysisellä komponentilla. Käytettäessä fyysisiä komponentteja, ohjauksen tunnistus perustuu digitaalisten tai analogisten jännitesignaalien käsittelyyn. Yksinkertaisia ratkaisuja laitteiden ohjaukselle on aiemmassa kappaleessa esitelty pulsseihin perustuva suunnanmäärittely sekä analogiasignaalin lukuun perustuva suunnanmäärittely. Edistyneempiä ohjaustekniikoita on esimerkiksi joystickeissä yleisesti käytetty sarjaliikenteeseen perustuva UART-kommunikointiprotokolla. (Frenzel 2017, 298; Megatron, Space mouse.)

Analogiseen signaaliin perustuva ohjaus tapahtuu tarkkailemalla ohjauskomponentin resistanssin tasoa. Käytännössä komponentin toiminta voidaan ajatella potentiometrin kaltaiseksi, jossa fyysinen asetus muuttaa säädettävän vastuksen resistanssin arvoa. Ohjauksen nollatasoksi asetetaan käytettävän säätövastuksen puoliväli, jolloin kahteen suuntaa ohjaamiselle jää yhtämittainen säätöalue.

4 UDELLEENVALINNAN LÄHTÖKOHDAT

Aiemmin käytössä olleen sivuohjauspaneelin toimittaja on ilmoittanut laitteen siirtymisestä elinkaarimallin varaosavaiheeseen. Järjestelmien osana on tarkoitus tarjota myös tulevaisuudessa ohjaamisen mahdollistava laite. Jotta tämä olisi mahdollista, on suoritettava korvaavan laitteen valinta. Uuden sivuohjauspaneelin kartoittamisessa minimitasona käytetään aiemmin käytössä olleen laitteen ominaisuuksia, standardien asettamia vaatimuksia sekä käyttömukavuutta lisääviä vaatimuksia. Tässä luvussa käsitellään laitevalinnan kriteereiksi muodostuvat vaatimukset perusteluineen.

4.1 Turvallisuus

Laitetta käytetään ympäristössä, jossa turvallinen toiminta on ensiarvoisen tärkeää. Konedirektiivi määrittelee tarkasti, millaisia turvaominaisuuksia laitteessa tulee olla, jotta tietynasteinen turvallisuuden taso saavutetaan. Uudelta sivuohjaimelta vaaditaan siis turvavaatimukset täyttävät ominaisuudet. (SFS-EN 62061, 64; SFS-EN ISO 12100, 68.)

Tällaisia ovat:

- Kahdennettu hätä-seis painike
- Kahdennettu kolmeasentoinen sallintapainike (DMS)
- Turvallisuuden eheyden taso vähintään SIL 3

Jotta laite soveltuisi käytettäväksi SIMATIC S7 järjestelmässä, tulee laitteen olla yhteensopiva Siemensin safety-ohjelmiston kanssa. Tämä tarkoittaa, että laitteen on kyettävä kommunikoimaan PROIsafe-protokollan avulla. Vaihtoehtoisesti laitteen hätä-seis-piirin johdotus tulee olla toteutettu niin, että se voidaan kytkeä Failsafe-hajautusasemaan.

4.2 Tekninen suorituskyky

Nykyinen järjestelmä pohjautuu Siemensin valmistamaan SIMATIC-sarjan logiikkaan. Järjestelmä toimitetaan myös tulevaisuudessa varustettuna samalla logiikalla, joten uu-

den ohjauspaneelin tulee olla yhteensopiva logiikan kanssa. Saumaton liittäminen nykyiseen järjestelmään mahdollistaa yrityksen resurssien hallinnan siten, ettei suuria panostuksia monimutkaisten sovellusten valmistamiseksi tarvita aina uutta laitetta lisättessä järjestelmään. Jotta paneelin ja logiikan keskinäinen toiminta onnistuisi, tulee valittavan paneelin täyttää seuraavat vaatimukset.

- Paneelin tulee kommunikoida Ethernetin avulla.
- Paneeli tulee voida liittää osaksi projektia TIA-portalissa.
- Paneelin ohjelmiston täytyy tukea jotakin logiikan tukemaa kommunikointi protokollaa.
- Paneelin tulee toimia Siemensin Safety-ominaisuuksien kanssa.

Asiakkaalle tekninen suorituskyky tarkoittaa sujuvaa toimintaa, komentoihin vastavuutta, yhteyden vakautta, helppoa yhdistämistä ja selkeää ohjelmistorakennetta. Kukin edellä mainituista ominaisuuksista heijastuu suoraan huomioon otetuissa vaatimuksissa uudelle laitteelle. On kuitenkin huomioitava, että liiallinen suorituskykyyn ja ominaisuuksiin panostaminen nostaa tuotteen lopullista hintaa suuremmalla kulmakertoimella, kuin sillä saavutettavaa lisäarvoa (Tobias 2016). Ylilaadun tekemistä on siis syytä pohtia kriittisesti. Esimerkiksi, jos projekteissa tarvittavien attribuuttien määrä rajoittuu tuhanteen, ei laitteen tarvitse tukea kymmentätuhatta attribuuttia.

4.3 Käyttökokemus

Käyttökokemus on usean tekijän summa. Aiemmassa laitteessa koneiden ohjaus on suoritettu pyöritettävällä enkooderilla. Komponentin toiminta on intuitiivinen, mutta tekninen suorituskyky on rajoittanut toiminnan vakautta. Enkooderin toiminta on perustunut a ja b kanavien järjestyksen tarkkailuun. Nopeassa käytössä kanavia tarkkailevien tulosten kyky tunnistaa pulsseja ylittyy, jonka seurauksena bittejä on jäänyt välistä (Jaakkola 2018). Tämä vaikuttaa enkooderin käyttömukavuuteen ja sitä kautta negatiivisesti käyttökokemukseen. On syytä pohtia erilaisia vaihtoehtoja laitteiden ohjauksesta vastaavaksi komponentiksi.

Laitteen ergonomiset ominaisuudet vaikuttavat siihen kokemukseen, joka laitteen käytön aikana syntyy. Ennen ergonomian taso on määritelty käytettävän tekniikan mukaan

(reactive design approach). Nykyisin laitteen suunnittelu tulisi kuitenkin aloittaa ergonomian näkökulmasta, jonka perusteella käytettävä tekniikka määritellään (proactive design approach). (Salvendy 2012, 5, 59, 60.) Ergonomian näkökulmasta sivuohjauspaneelille voidaan määritellä seuraavat vaatimukset. Ohjain ei saa olla raskas kannatella. Ohjaimen käyttöön liittyvien komponenttien sijoittelu ei saa olla toteutettu niin, että sujuva käyttö estyy.

Käyttöliittymän selkeys on yksi suurimmista yksittäisistä käyttökokemukseen vaikuttavista tekijöistä (Salvendy 2012, 117-118). Useiden painallusten takaa löytyvät ominaisuudet hidastavat koko ohjaimen käyttöä. Erilaisia syötteitä esimerkiksi laitteiden määrittämisessä asetettaessa huonosti vastaavaan kosketusnäyttöön näppäily ei ole paras mahdollinen ratkaisu. Sama toiminto voidaan suorittaa esimerkiksi käyttämällä laitteiden ohjaukseen tarkoitettua kääntö-enkooderia, jonka pyöritys kasvattaa tai pienentää asetettavaa lukua. Uuden laitevaihtoehdon ohjelmistokehityksessä on otettava huomioon myös fyysisten komponenttien mahdollisuudet toiminnallisina osina.

4.4 Kustannustekijät

Suunniteltaessa uutta ratkaisua sivuohjaimeksi on syytä huomioida nykyisellään markkinoilta saatavien laitteiden luoma mahdollisuus yksinkertaistaa sitä laitekokoonpanoa jota ohjain tarvitsee toimiakseen. Kustannuksiin on mahdollista vaikuttaa esimerkiksi valitsemalla sellainen ohjain, joka tukee turvakomponenteiltaan suoraa liitettävyyttä Profinet-verkkoon. Toisena kalusteiden määrää laskevana ominaisuutena voidaan ajatella Ethernet-kaapelia pitkin tuotava syöttöjännite. Ohjelmistolisensseistä muodostuvia kuluja on mahdollista pienentää valitsemalla laite, joka soveltuu suoraan käytettäväksi järjestelmässä.

Suurin yksittäinen kustannustekijä on kuitenkin valittava ohjain ja tästä syystä siihen kohdistetulla hintavertailulla on suurimmat vaikutukset. Kustannustekijöitä arvioitaessa on ajateltava myös ensimmäisten käyttöönottojen aikaisia lisäkustannuksia. Tuotteistamalla toiminta tehokkaasti on kuitenkin mahdollista laskea näitä kuluja.

4.5 Sivuohtauspaneelin valinnan kriteerit

Kartoitettavien laitevaihtoehtojen ominaisuuksia tarkastellaan seuraavien vaatimusten mukaisesti

- Uuden laitteen kustannusrakenteen tulee olla tehokas.
- Uuden ratkaisun kosketusnäytön vastaavuus tulisi olla parempi kuin vanhan.
- Uuden ratkaisun prosessointiteho tulisi olla suurempi kuin vanhan.
- Uuden ratkaisun tulisi omata pyörivä enkooderi tai jokin muu hyvin liikkeen ohjaukseen soveltuva komponentti.
- Uudessa laitteessa tulee olla hätä-seis- ja kolmiasentoinen sallinta-painike.
- Laitteen tulee olla yhteensopiva Simatic S7-1500 logiikan kanssa, joko omien ajureidensa tai kolmannesosapuolen ohjelmiston avulla.
- Laitteen tulisi olla yksinkertaista liittää osaksi projektikokonaisuutta.
- Laitteen ohjelmointi tulisi olla mahdollista suorittaa ilman suurta panostusta uudelleenkoulutukseen.
- Laitteen turvallisuustason tulee saavuttaa SIL 3.
- Laitteen tulee olla ergonomisesti hyvä ja sen paino saa olla enintään yhtä suuri kuin aiemman laitteen.
- Laitteen elinkaari tulee olla tiedossa.
- Laitteen tulee kommunikoida langattomasti.

Laitteiden ennalta määriteltyjen ominaisuuksien saavuttamisen lisäksi laitevalintaehdoitelmissa pyritään nykyaikaistamaan asiakkaille tarjottavan ratkaisun käyttökokemusta. Koneiden ohjaamiseen tarkoitettulla laitteella on toiminnoiltaan teollisen ohjaimen vaatimukset. Kuitenkin nykyaikainen tekniikkaorientoitunut yhteiskunta asettaa suuria vaatimuksia kaikille käytetyille laitteille.

5 LAITEVAIHTOEHDOT

Seuraavassa kappaleessa on esitelty työn aikana löydetyt laitevaihtoehdot, niiden ominaisuudet, tarvittavat komponentit, mahdolliset heikkoudet ja laitteiden välinen vertailu. Laitteiden esittelyissä painopiste on komponenttitasolla. Osiossa on kuitenkin esitelty vaihtoehtoja ohjelmistoille, jotka soveltuvat käytettäväksi laitteissa joiden valmistaja ei ole Siemens.

5.1 Siemens SIMATIC HMI KTP900F

Laite on Siemensin toisen sukupolven safety-ominaisuuksilla varustettu kannettava HMI-paneeli. Laite on varustettu 9 tuuman kosketusnäytöllä, hätä-seis-painikkeella, ajonsallintapainikkeella, kymmenellä kalvopainikkeella, avainkytkimellä, USB-portilla ja muistikorttipaikalla. Laite on johdollinen, eikä siitä ole kehitteillä langatonta versiota. (SIMATIC HMI HMI devices... 2015, 13-16.)



KUVA 14. Simatic hmi KTP900F (Siemens Suomi, SIMATIC -paneelit)

Ohjauspaneeli on käytännössä vanhemman laitteen päivitetty versio, jossa päivityksen alaisia ominaisuuksia ovat:

- Näytön koko ja tarkkuus
- Prosessori
- Muisti
- Muotoilu (SIMATIC HMI HMI devices... 2015, 215.)

Paneelin ohjelmointi ja projektiin liittäminen tapahtuu WinCC:n ja Tia portalin avulla (SIMATIC HMI HMI devices... 2015, 147). Tämä mahdollistaa laitteen varsin saumattoman lisäämisen nykyisiin ratkaisuihin. Merkittävänä haittapuolena toisen sukupolven paneeleissa on kääntö-enkooderin puuttuminen.

5.1.1 Näyttö

Laitteen päivitetty näytön tarkkuus mahdollistaa visuaalisesti monipuolisemman esityksen ja näin ollen parantaa loppukäyttäjän kokemusta koko järjestelmästä. Näytön päivitetty lähes 250 kertaa laajempi värientoiston alue parantaa entisestään käyttäjän kokemusta laitteesta (SIMATIC HMI HMI devices... 2015, 215). Laajempi väriskaala luo mahdollisuuden uudennlaisiin visuaalisiin sovellusratkaisuihin, joissa erilaisia väreihin perustuvia indikaattoreita käytetään ilmaisemaan esimerkiksi laitteen sijainnin erotusta raja-arvoon nähden.

Laitteen kosketusentunnistus perustuu resistiivisyyteen (SIMATIC HMI HMI devices... 2015, 215). Kosketus tunnistetaan tarkasti tiettyyn pisteeseen, näyttöön vaikuttavan ulkoisen voiman perusteella. On kuitenkin huomioitava tekniikan haittapuolena sen ominaisuus tunnistaa juuri näyttöön vaikuttava paine. Tämä hankaloittaa suuresti esimerkiksi erilaisten liukusäätimien ja muiden pitkäaikaista kosketusta vaativien toimintojen käyttöä. Kosketusentunnistukseen käytettyjen komponenttien voidaan olettaa olevan kehittyneempiä, kuin aiemmassa laitteessa. Täten näyttöä ei voida suoraan todeta huonoksi käyttötarkoitukseen. Varmuus asialle saavutetaan vasta testaamalla laitetta käytännössä.

5.1.2 Prosessori ja muisti

Toisen sukupolven paneeli on päivitetty vastaamaan paremmin nykypäivän vaatimuksia. Laitteessa on NXP:n valmistama kaksisyttiminen MX6-prosessori. Laitteen muisti on käytännössä kaksinkertaistunut aiemman sukupolven laitteeseen verrattuna. Muistin lisäys on kasvattanut esimerkiksi yhteen näyttöön linkitettävien elementtien määrää. (Nurmi 2018.) Aiemman laitteen prosessointiteho on aikaansaanut negatiivista käyttäjä-

palautetta. Uuden laitteen prosessorin tekninen suorituskyky on parempi, kuin edellisen. Suorituskyky ei ole parantunut kuitenkaan siinä määrin, että toiminnassa päästäisiin tietokonemaiselle tasolle.

5.1.3 Soveltuvuus käyttötarkoitukseen

Siemensin valmistamana laite täyttää useita liitettävyyteen ja toiminnan tasoon asetettuja vaatimuksia. Ongelmaksi laitteessa muodostuu kääntö-enkooderin puuttuminen. Komponentin puuttuminen muuttaa fundamentaalisesti sitä käyttötapaa, jolla laitteiden suunnat ja nopeudet määritellään. Liu'utettavat näyttöelementit eivät pysty nykyiseen tekniikkaan perustuvassa kosketusentunnistuksessa korvaamaan intuitiivisesti kääntö-enkooderia.

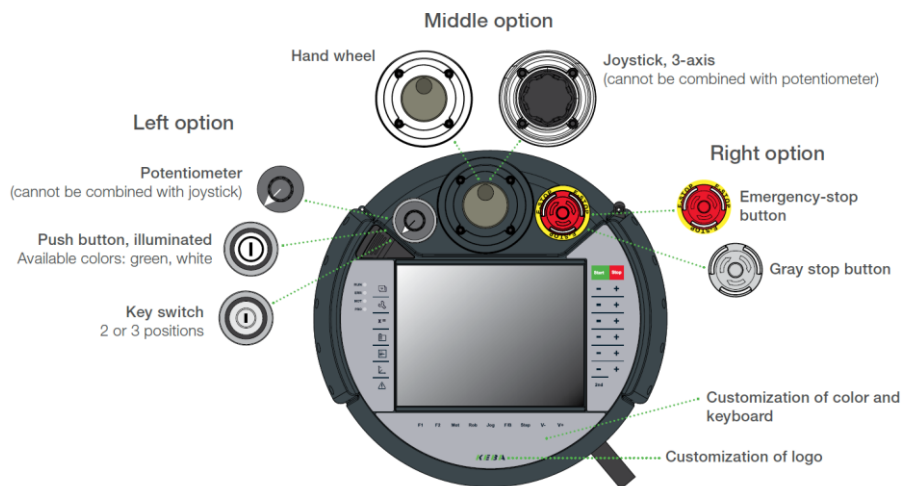
Suunnan ja nopeuden säätöä täytyy ajatella käytettäväksi fyysisten painikkeiden kautta. Esimerkkinä voitaisiin ajatella käyttötapaa, jossa yksi painikkeen painallus nostaisi tai laskisi laitteen nopeutta 10Hz askeleilla. Laitteen toisena heikkoutena ilmenee sen langallisuus. Tätä ominaisuutta tulee pohtia tarkoin, sillä laitteesta ei ole kehitteillä langatonta versiota.

5.2 Keba

Keba on Itävaltalainen vuonna 1968 perustettu yritys, jonka toimialoja ovat teollisuusautomaatio, rahankäsittelyautomaatio, logistiikka ratkaisut, arvontajärjestelmä ratkaisut, lämmityksen hallinta ja sähköautojen latauspisteet. Keba valmistaa useita eri kannettavia paneelimalleja. Tässä kappaleessa on esitelty mahdollisesti käyttötarkoitukseen soveltuvat mallit. Esittelyosion jälkeen suoritetaan Keban valmistamien laitteiden keskinäinen vertailu.

5.2.1 KeTop T55

Laite on Keban tarjoamista operointipaneeleista lähimpänä, aiemmin käytössä ollutta Siemensin paneelia ja se on mahdollista tilata erittäin kattavasti modifioituna. Laitteessa on esiasennettuna Windows CE tai Linux käyttöjärjestelmä. Laite saavuttaa SIL 3 tason.



KUVA 15. KeTop T55 (Lähde: Keba)

Laitteen näytön koko on 6.5 tuumaa ja kosketuspinta on resistiivinen. Laitteen näyttö on resoluutioltaan sama kuin Siemensin vastaava. Paneeli on varustettu tehokkaammalla prosessorilla, kuin Siemensin vastaava. Laite on johdollinen, eikä siitä ole Keban edustajan mukaan kehitteillä langatonta versiota. Laite on tällä hetkellä sarjatuotannossa, mutta edustaa tuoteperheen vanhinta osa-aluetta. Käyttökokemuksen voi arvioida olevan varsin lähellä Siemensin vastaavaa tuotetta. (Keba, KeTop catalog; Neumann 2017.)

5.2.2 KeTop T70

Laite on varustettu 7 tuuman resistiivisellä kosketusnäytöllä, hätä-seis-painikkeella, 3-asentoisella sallintapainikkeella ja usealla laitteen etu- ja taka-osaan sijoitetulla kalvo-painikkeella. Laite on julkaistu jo muutama vuosi sitten, mutta täyttää ominaisuuksiltaan nykypäivän vaatimukset. Laite on valittavissa Windows 10 IOT Enterprise tai Linux käyttöjärjestelmällä. Laite on johdollinen, eikä siitä ole Keban edustajan mukaan kehitteillä langatonta versiota. (Keba, KeTop catalog; Neumann 2017.)



KUVA 16. KeTop T70 (Lähde: Keba)

Laitteen tekniset ominaisuudet täyttävät hyvin laitevalinnan lähtökohdissa määritellyt kriteerit. Sopivan laitteesta tarkoitettuun käyttötarkoitukseen tekisi Keba tarjoama laitteiden laaja-alainen muokattavuus. Laitteeseen on mahdollista lisähinnasta saada suunnan ja nopeuden määrittelyyn käytetty kääntö-enkooderi. Enkooderin kommunikointi perustuu 4 bittiseen gray-koodiin. Komponentti on asennettu esimerkkikuvissa hätäseis-painikkeen viereen laitteen yläosaan. Laite kommunikoi ethernetin kautta. (Keba, KeTop catalog; Neumann 2017). Laitetta voidaan pitää ergonomisesti hyvänä sen varsin pienen massan ansiosta. Laite ei ole symmetrinen, joten se ei ole käytettävissä vasemmalla kädellä.



KUVA 17. T70 valittavat komponentit ja laitteen käyttöote (Lähde: Keba, muokattu)

5.2.3 KeTop T150

Laite on Keba tarjoamista kannettavista paneeleista uusin ja se edustaa jo lähes tablet-timaista käytettävyyttä. Laitteen kosketuksentunnistustekniikka perustuu nykyisistä älylaitteista tuttuun kapasitanssin muutoksen mittaukseen ja se tukee usean sormen yhtäai-

kaista käyttöä. Paneeli on mahdollista saada muiden laitteiden tapaan varustettuna hätäseis-painikkeella ja kääntö-enkooderilla. (Keba, KeTop catalog; Neumann 2017.)




KUVA 18. KeTop T150 (Lähde: Keba)

Paneeli on saatavissa Windows tai Linux käyttöjärjestelmällä ja sen kommunikointi tapahtuu Ethernetin avulla. Laite on johdollinen, mutta Keba edustajan mukaan isojen asiakkaiden kiinnostus laitteen langattomaan versioon on ollut suurta. Tästä syystä laitteesta on alettu kehittää langatonta versiota ja ensimmäinen toimiva prototyyppi oletetaan julkaistavaksi vuoden 2019 kolmannella neljänneksellä. Langattoman version on tarkoitus saavuttaa langallisen tapaan myös SIL 3 taso. (Keba, KeTop catalog; Neumann 2017.) Laitteen tekniset ominaisuudet ovat ylimitoitettuja nykyiseen käyttötarkoitukseen, jonka seurauksena ylilaadun muodostamat kustannustekijät tulee ottaa huomioon. Laitteesta soveltuvan tekee sen tuleva langaton versio. On kuitenkin arvioitava sitä millaisia vaikutuksia juuri markkinoille tulleen laitteen ns. ”lapsen taudeilla” on toimittavan järjestelmän vakauteen.

5.2.4 Keban valmistamien laitteiden välinen vertailu

Seuraavassa on listaus Keban valmistamien laitteiden ominaisuuksista. Laitteiden ominaisuudet täyttävät suuren osan asetetuista kriteereistä. Valinnassa pohdinta tulee suorittaa määrittelemällä se taso, jolla järjestelmä halutaan toimittaa.



	1330 g	950 g	1120 g
Paino			
Näyttö			
koko	6.5"	7.0"	10.1"
resoluutio	640 x 480	600 x 1024	800 x 1280
tunnistus	resistiivinen	resistiivinen	kapasitiivinen
Rotary encoder	X	X	X
Painikkeita			
edessä	16	20	30
takana		12	
Hätä-Seis	X	X	X
Sallinta painike	X	X	X
Käyttöjärjestelmä	Win CE 6.0/Linux	Win 10 IOT/Linux	Win 10 IOT/Linux
Proessori	ARM Cortex A8	ARM Cortex A9	Intel atom E3815
Muisti	128MB flash 256Mb dram	8GB flash 1GB Dram	32GB flash 2GB Dram
Usb	X	X	X
Multi touch tuki			X

KUVA 19. Keba tarjoamien tuotteiden tekniset ominaisuudet (Lähde: Keba, muokattu)

Kaikki laitteet ovat johdollisia ja toimivat saman liityntäpisteen kautta. Kaapeli on varustettu metallisella pull-plug tyyppisellä liittimellä.

5.2.5 Yhteensopivuus SIMATIC järjestelmän kanssa

Käytettäessä jonkin muun valmistajan laitteita Siemensin järjestelmissä on otettava huomioon niiden liittämiseen liittyvät haasteet. Keba laitteiden hätä-seis- ja sallinta-painike-piirit on johdotettu samaan tapaan, kuin Siemensin laitteiden. (Neumann 2017.) Tämä tarkoittaa, että liityntäpisteeseen on sijoitettava hajautusyksiköitä. Laitteistoon voidaan käyttää käytännössä jo olemassa olevaa ratkaisua liityntäpistekotelosta, eikä tällöin laitteiden liittäminen järjestelmään aiheuta suuria muutoksia kokoonpanoon.

Muiden kuin Siemensin valmistamien laitteiden kanssa suurimmat haasteet ilmenevät ohjelmistopuolella. Siemens on yhteensovittanut paneelinsa toimimaan saumattomasti omien laitteidensa ja ohjelmistojensa kanssa. Kolmannen osapuolen laitetta valittaessa tulee tarkastella kriittisesti siihen tarjottavien ohjelmistojen yhteensopivuutta Sie-

mensin laitteiden kanssa. Keban laitteiden Windows-pohjainen käyttöjärjestelmä tarjoaa mahdollisuuden käyttää eri ohjelmistotalojen tarjoamia käyttöliittymien valmistamiseen tarkoitettuja ohjelmia. Tällainen ohjelma on esimerkiksi saksalaisen Inosoftin tarjoama Visiwin 7. Ohjelmistoon kuuluu nykyaikainen kehitystyökalu ja se tukee useiden valmistajien laitteistoja mm. S7 ja Beckhoff ADS. Tuki OPC-DA ja UA viimeisimpään standardiin on sisäänrakennettu ominaisuus, eikä näin ollen ylimääräisiä lisenssejä tarvita. Inosoftin edustajan mukaan heillä on kokemusta useasta projektista, jossa on käytetty Siemensin logiikoita. On kuitenkin otettava huomioon, että Windows tarvitsee ylimääräisiä ohjelmallisia protokollalisäyksiä kommunikoinnin deterministisyyden varmistamiseksi (Niermann 2018.)

5.3 Omavalmisteinen ohjain

Esitetyistä paneelivaihtoehtoista yksikään ei täytä uudelleenvalinnan lähtökohdissa määritettyä langattomuusvaatimusta. Tämän ominaisuuden ollessa nykypäivän asiakkaiden pääasiallinen toive, ainoaksi käytännön vaihtoehdoksi jää omavalmisteinen räätälöity paneeliratkaisu.

Omavalmisteisessa laitteessa ratkaistavaksi tulee useita käytännön toimintaan liittyviä ongelmia. Toisaalta kuitenkin omavalmistelaite luo mahdollisuuden täysin uudenlaisiin ratkaisuihin ja innovaatioihin. Laite tulee suunnitella siten, että se täyttää sille asetetut vaatimukset niin komponenttien kuin käyttökokemuksenkin osalta. Ratkaistavia asioita ovat esimerkiksi paneeli, komponentit, ohjelmistot, tiedonsiirto ja kotelointi. Seuraavissa kappaleissa käsitellään itse valmistettavaan laitteeseen liittyviä komponenttinvaihtoehtoja. Osio sisältää tietoa markkinoilla olevista komponenteista, joiden avulla vaatimukset kyetään täyttämään.

5.3.1 Hätä-seis-painike

Hätä-seis-painike on käytännössä paneelin ainoa turvalaite, jonka tilatieto luetaan turvatulona. Asia voidaan ratkaista usealla eri tavalla, mutta laitteen ollessa langaton tulee tarvittavat komponentit sijoittaa paneelin koteloinnin sisään. Tästä syystä komponentti-

valinnan lähtökohtaisesti tärkeimpänä osana toimivat sen ulkoiset mitat ja tarvittavien lisälaitteiden määrä.

Siemens on tuonut markkinoille uuden Sirius act-tuotesarjan. Valikoima pitää sisällään erilaisia painikkeita, kääntökytkimiä ja hätä-seis-painikkeen. Tuotesarjan etuna on hätä-seis-panikkeen pohjaan asennettava liitännämoduuli, jonka avulla komponentit ovat liitettävissä suoraan Profinet-verkkoon. Liitettävyyden ansiosta erillistä hajautusyksikköä ei tarvita. Liitännämoduulissa on 4 digitaalista tuloa, 1 digitaalinen lähtö ja 1 10-bitin resoluutioon kykenevä analogia tulo. Lisäksi liitännämoduulin kautta pystytään ketjuttamaan maksimissaan 20 Sirius act-sarjan komponenttia. (Siemens, Sirius act.)

Sirius act-liitännämoduulin käyttö ohjaimen keskeisimpänä komponenttina mahdollistaa kaikkien tarvittavien tilatietojen siirron suoraan kenttäväylään. Tämä pienentää huomattavasti tarvittavien lisälaitteiden määrää. Liitännämoduulista tulee valita turvakomponentiksi luokiteltava versio.

5.3.2 Sallintapainike (DMS)

Ajonsallintapainike on ominaisuuksiltaan turvakomponentti, mutta sitä ei käytetä turvatuloon liitettynä komponenttina. Tuloon liittyvien vaatimusten ansiosta sallintapainikkeen tilatieto on mahdollista viedä hätä-seis-painikkeen pohjaan asennetun liitännämoduulin digitaalituloon. Ratkaistavaksi jää ominaisuuksiltaan käyttötarkoitukseen soveltuva komponentti. Vaatimusten mukaisesti painikkeessa tulisi olla 3 asentoa, sen tulisi soveltua mitoiltaan käytettäväksi kämmenlaitteessa, käyttöjännitteen tulisi olla muiden komponenttien tasoa ja sen tulisi kestää käyttöä ohjauspaneelin eliniän ajan. Sopivia komponentteja on useita useilla valmistajilla.

5.3.3 Paneeli

Omavalmistelaite mahdollistaa käytettävän paneelin valinnan erittäin laajasta valikosta. Paneelina voi toimia esimerkiksi tablet-tietokone tai hmi tarkoitukseen valmistettu paneeli. Paneelivalinnassa tulee määritellä millaisia ominaisuuksia laitteelta halutaan. Alla on nähtävissä paneelille asetetut fyysiset, tekniset ja toiminnalliset kriteerit.

- Paneelin massa max 1kg
- Näytön pinta-ala min 7"
- Käyttöjännite max 24 Vdc
- Muisti ja prosessori vähintään samaa luokkaa aiemman ratkaisun kanssa
- Langaton tai langallinen Ethernet-liityntä
- USB-portti
- Tuki ohjelmistolle, joka mahdollistaa laitteen käytön HMI-paneelina Siemens logiikoiden kanssa
- Laite tulee voida asentaa kannettavalle laitteelle ominaiseen pienehköön koteloon

Vaihtoehto 1.

Beijer electronicsin valmistama X2 pro tuoteperheeseen kuuluva hmi paneeli. Laitteessa on 7" kosketusnäyttö, kaksi ethernet porttia, USB portti ja i.MX6DualLite, Dual Cortex-A9 1.0GHz 512kBL2cache prosessori. Pääteen soveltuvuus käyttötarkoitukseen on hyvä liitettävyyden ja kestävyys ansioista. Pääteen ulkomitat eivät ole ihanteelliset, mutta käytännössä paneelin sovittaminen kannettavaan laitteeseen onnistuu hyvällä koteloinnin suunnittelulla. Pääte ei sisällä omaa akustoa, joka luo tarpeen ulkoiselle 24 Vdc jännitelähteelle. Laitteen käyttöliittymä valmistetaan Beijerin omalla iX developer ohjelmointityökalulla. Ohjelma sisältää useiden eri logiikkavalmistajien ajureita. Simatic tuki löytyy seuraaville protokollille:

- S7IsoTcp
- S5 PG/AS511
- S7 200 PPI
- S7 MPI (Expansion module)
- S7 MPI (HMI Adapter) (Heikkilä 2017)

Vaihtoehto 2.

Windows-pohjainen tablet-tietokone. Tabletien hyödyt tulevat esille niiden pitkälle viedyssä tuotekehityksessä. Laitteet ovat suunniteltu kuluttajamarkkinoille, joka takaa tehokkaan suorituskyvyn, sisään rakennetun akuston, tarkan näytön, hyvän kosketuksen

tunnistuksen sekä kompaktin koon. Laitetta valittaessa on otettava huomioon asiakkaille tarjottava takuu. Tämä seikka on merkityksellinen esimerkiksi siinä millaisia elinikiä valmistajat takaavat tuotteilleen. Laitteeksi ei siis voida valita tuotetta, jota ei välttämättä ole enää saatavilla muutaman vuoden kuluttua. Toisaalta laitteiden nopeaa kehitystä voidaan pitää etuna, joka on hyödynnettävissä. Laitteiden nopea päivityssykli täytyykin ottaa huomioon juuri koteloinnin ja liitettävyyden suunnittelussa. Käytettäessä kuluttajalaitteita pitkäikäisissä sovelluksissa on niiden ominaisuuksista tehtävä tiettyjä oletuksia. Oletuksia siitä, että tietyt ominaisuudet säilyvät laitesukupolvesta toiseen täytyy pohtia tarkasti, erityisesti jos kyseiset ominaisuudet vaikuttavat fundamentaalisesti koko paneelilaitteiston toimintaan.

Laite liitetään osaksi järjestelmää Ethernetin avulla, joko langattomasti oman tukiasemansa tai ulkoisen tukiaseman kautta. Käytännössä tablet-kokoluokan laitteissa ei ole RJ45-liitintä, joten liittämisen tulee tapahtua laitteissa lähes poikkeuksetta esiintyvän USB-portin kautta. USB-portti on erittäin yleinen ja sen voidaan turvallisesti olettaa esiintyvän myös seuraavan sukupolven laitteissa. Laitteen elinkaariajattelussa olennaista on toiminta Windows käyttöjärjestelmällä. Varmana Windows-tuki voidaan olettaa ainostaan Microsoftin laitteille. Edellä mainittujen vaatimusten täyttämiseksi sopivin laite käyttötarkoitukseen on Microsoftin Surface pro tuotesarjan tablet-tietokone. Teknisiltä ominaisuuksiltaan laitteet ovat huippuluokkaa, joten valittava laite voi olla hintaluokkansa edullisin. Laitteen Windows 10 käyttöjärjestelmään on mahdollista asentaa WinCC-ohjelmisto, jota on käytetty jo vuosia valvomoiden toteuttamiseen (Piotr, M 2017). Tablet sisältää oman akustonsa, jonka ansiosta sitä ei tarvitse ottaa huomioon valittaessa HMI-paneelin sisään asennettavaa virtalähdettä. Microsoft tarjoaa laitteisiin yhden vuoden rajoitetun laitetakuun (Microsoft, Hardware-Takuutiedot).

Paneelin toiminta ei ole samalla tavalla aikakriittistä, kuin laitteiden ohjaus. Paneeli tuleekin ajatella ohjauskomponenteista erillään toimivana prosessina. Erillisyys luo tilanteen, jossa vaikeasti toteutettavien protokollamuunnosten tarve häviää. Käytettäessä paneelia ISA-95-profiilin ylemmän tason laitteena siinä ilmenevät viiveet eivät vaikuta kriittisten toimintojen tiedonsiirtoon. Valittaessa käytettävää paneelia on lisäksi otettava huomioon logiikkavalmistajien tiheä ohjelmistopäivitystahti. Paneelivalmistajat eivät välttämättä kykene samaan päivitystahtiin.

5.3.4 Laitteiden ohjaus

Vaikka valittavan kosketuspaneelin herkkyys olisi erittäin hyvä, ei grafiikkaan perustuvien liukupalkkien ja muiden elementtien vastaavuus pääse fyysisen painikkeen tasolle. Tästä syystä omavalmistelaitteeseen tulee valita käyttötarkoitukseen soveltuva komponentti. Ohjaukseen on tarjolla useita erilaisia vaihtoehtoja. Komponentin data on oltava luettavissa ilman lisälaitteita. Käytännössä tämä tarkoittaa joko paneelin USB-porttia tai Sirius act-liitäntämoduulin digitaalituloa.

USB-porttia käytettäessä tarjolla ei ole kovinkaan montaa vaihtoehtoa, joissa olisi sisäänrakennettu muunnin ja käyttöön soveltuva design. Eräänä hyvänä vaihtoehtona voidaan pitää Megatronin valmistamaa SpaceMouse-tuotenimellä myytävää kuuden vapausasteen sormi-joystickiä. Tuotteessa on sisäänrakennettu usb-liitäntämoduuli ja se ottaa käyttäjännitteensä suoraan usb-portista. Tuote on teknisiltä ominaisuuksiltaan erittäin soveltuva tarkkaan koneiden ohjaukseen. Datalehdestä selviää myös, että laite on testattu soveltuvaksi teollisuuskäyttöön. Windows-pohjaiset laitteet tunnistavat tuotteen suoraan standardi-joystickiksi, jossa on kuusi vapausastetta. (Megatron, Space Mouse). Ratkaistavaksi jää se miten laitteen data luetaan, miten data muunnetaan logiikan ymmärtämään muotoon ja miten data siirretään logiikalle. Joystickin vapausasteiden lukumäärä on ylimitoitettu nykyiseen käyttötarkoitukseen, jossa laitteet liikkuvat yhtä akselia pitkin. Ylimääräiset joystickin toiminnot voidaan ohjelmoida toimimaan eri tehtäviin, esimerkiksi valikoissa liikkuminen ja laitevalinnat.

Käytettäessä hätä-seis-painikkeen liitäntämoduulin tuloja on mahdollista saavuttaa hyvin samankaltainen toiminta, kuin aiemmassa ratkaisussa. Lisäksi tieto saadaan siirretyksi suoraan logiikkaan, joka yksinkertaistaa ohjelmistosuunnittelua (Siemens, Sirius act). Liitäntämoduulin digitaali-tulojen määrästä johtuen sovellus rajoittuu pulssien laskentaan. Tämä mahdollistaa laitteiden nopeuden ja suunnan säätämisen. Kääntöenkooderia on kuitenkin mahdollista käyttää myös esimerkiksi maalien säätämiseen siten, että ohjelma tunnistaa ikkunan, johon maali syötetään samalla muuttaen rullan vaikutusta ohjelmassa. Ongelmalliseksi sovelluksessa muuttuu digitaalitulon kyky laskea pulsseja riittävän nopeasti. Hyvään suorituskykyyn pyrittäessä tulee käytettävä komponentti valita siten, että sen pulssimäärä kierrossuhde on vähäinen. Sovellukseen soveltuvat komponentit toimivat 5-12 Vdc käyttäjännitteellä, joka vaikuttaa koko kämmenlaitteen akuston suunnitteluun (Megatron, Handwheel). Rajoittavaksi tekijäksi

muodostuukin kämmenlaitteen muut komponentit ja niiden käyttöjännitteet. Käytännössä komponentti on valittava jänniteluokan yläpäästä, jotta kriteereissä määritelty mahdollisimman vähäinen lisälaitteiden tarve saavutetaan.

5.3.5 Langaton kommunikointi

Kämmenlaitteen tärkeimpänä ominaisuutena esiintyvä langattomuus luo omat haasteensa turvakomponenttien liittämiseen. Verkon viive ei saisi olla juurikaan suurempi, kuin langallisen verkon. Profinet-standardiin kuuluvien aikakriittisen datan siirtoon tarkoitettujen protokollien vaikutuksesta käytettävän reitittimen on kyettävä riittävän nopeaan deterministiseen kommunikointiin (Pigan & Metter 2008, 329). Käytännössä tämä on ratkaistavissa käyttämällä reititintä, jossa Profinet-tuki on ohjelmallisesti luotu valmistajan toimesta. Reitittimen on sovelluttava fyysisiltä ominaisuuksiltaan asennettavaksi pieneen kannettavaan laitteeseen. Kannettavan laitteen toisena ominaisuutena esiintyy sen liikuteltavuus, joka luo haasteita antennin luoman radioverkon suuntakuvion määrittelyssä. Suunniteltaessa langatonta kommunikointia on myös huomioitava turvaohjelman ominaisuus, jossa yhteyden katketessa hätä-seis-piiri laukeaa, jonka vuoksi langattoman kommunikoinnin kokonaiskustannuksiin on laskettava mukaan riittävän kattavan verkon tarvitsemat komponentit. Käyttöön soveltuvia laitteita on tarjolla muutamalla valmistajalla, joista kaksi on esitelty alempana.

Phoenix contact FL-langatonmoduuli on tarkoitettu teollisuuden langattomiin Ethernet-ratkaisuihin. Laite tukee Profinet standardia ja siinä on yksi Ethernet-portti. Phoenixin edustajan mukaan laitetta on käytetty viime vuosina satoja pareja Siemensin laitteiden langattomaan kommunikointiin. Langattomuudesta aiheutuva viive kasvaa noin 11ms kupariin verrattuna. Teknisistä tiedoista selviää, että laite toimii myös Profisafe lisäyksen kanssa. Laitteen kantamaksi luvataan 100 metriä, mutta tämä on testattava käytännössä, jotta tarvittavien tukiasemien määrä voidaan selvittää. Laitteessa on koteloon asennettu pieni antenni. Tämän luoma verkon pistemäinen lähde soveltuu käytettäväksi sovelluksessa. Laite tukee niin Bluetooth 2.1 kuin IEEE 802.11 b/g/a standardeja. Käyttöjännite ja virran kulutus ovat 24 Vdc ja 54 mA. (Joutsniemi 2018.)

Anybus wireless bridge II tarjoaa mahdollisuuden käyttää teollisuuden Ethernet ratkaisuja langattomasti. Laite on ominaisuuksiltaan hyvin samankaltainen kuin ylempänä

esitelty Phoenixin vastaava. Eroina mainittakoon hieman laajempi protokollien tuki, laajempi kantama, pienempi koko ja pienempi massa. (Anybus, Wireless Bridge II.)

Molemmat yllä esitellyistä laitteista soveltuvat käytettäväksi omavalmiste ratkaisussa. Ratkaistavaksi jää tarvitseeko siirrettävä data kaistanleveydeltään laajempaa wlania vai voidaanko sovelluksessa käyttää vakaampaa Bluetooth taajuuksiin perustuvaa yhteyttä. Bluetooth yhteyden suurin siirrettävä datan määrä on noin 1mb/s (Joutsniemi 2018). Käyttämällä Bluetoothia, turvakomponenttien tilatiedot saataisiin erittäin vakaan yhteyden alle ja näin ollen mahdolliset yhteyden heikkenemiset radiomelussa saataisiin poistettua.

Jotta langattomaan verkkoon liitetyt komponentit olisivat varmatoimisia, tulee verkon kattaa riittävällä laajuudella koko ajoalue. Asia on ratkaistavissa hyvällä sijoittelusuunnittelulla. Toistimet tulee sijoittaa siten, että niiden luomat suuntakuviot limittyvät keskenään muodostaen katkeamattoman vyöhykkeen koneiden ohjaukselle. Asiaa täytyy ajatella tapauskohtaisesti, mutta hyvänä nyrkkisääntönä on sijoittaa laitteet 90 asteen kulmaan toisistaan. Profinet toimii radiotaajuuksilla point-to-point periaatteella (Pigan & Metter 2008, 335). Kannettavaan paneeliin asennettavan client-moduulina toimivan siltaimen liittäminen järjestelmään tapahtuu yhdistämällä se Access pointina toimivaan laitteeseen. Access point-käyttöön tarkoitettuja laitteita on tarjolla markkinoilla useita, erityisesti kun laitteen ulkoiset mitat eivät aseta rajoitteita valittavalle tuotteelle.

Langattomassa kommunikoinnissa tapahtuvaa pakettien häviämistä on käytännössä mahdotonta estää. Tämä seikka on otettava huomioon konfiguroitaessa hätä-seis-kytkimen tilatiedon päivitysaikaa. (Pigan & Metter 2008, 324-325; Joutsniemi 2018.)

5.3.6 Virtalähde

Kannettavaan paneeliin tullaan sijoittamaan eri jännitetasoilla toimivia laitteita. Laitteeseen ei kuitenkaan ole tilanpuutteen vuoksi mahdollista asentaa useaa akustoa. Asia on ratkaistavissa käyttämällä muuntajaa. Jännitetasoja on kaksi 12 ja 24 Vdc. Muuntajan valinnassa on otettava huomioon saatavilla olevat akut. Kannettavaan laitteeseen asennettavan virtalähteen koko on muiden komponenttien tavoin oltava mahdollisimman pieni.

Ajateltaessa laitteiston akustoa, 12 Vdc akkuja on tarjolla huomattavasti enemmän, kuin 24 Vdc akkuja. Myös akkujen koot vaihtelevat erittäin merkittävästi. Tästä syystä laitteiston 24 Vdc laitteita varten tarvitaan muuntaja, joka kykenee muuntamaan 12 Vdc jännitteen 24 Vdc jännitteeksi. Muunnettua jännitettä käyttäviä laitteita on Sirius act liitäntämoduuli, sallintapainike ja wlan moduuli. Laitteiden yhteenlaskettu virrankulutus normaalitilanteessa on 92 milliampeeria. Virtalähde tulee valita riittävällä varmuusker-toimella, jotta virtapiikkitilanteiden ja muunnoksesta syntyvän lämmön vaikutus olisi mahdollisimman pieni. Virtalähde tullaan koteloimaan, joten komponentiksi voidaan valita myös piirilevyasennettava muuntaja. Laitteiden toiminnan tulee pysyä vakaana myös tilanteessa, jossa akuston jännite laskee alle nimellistason. Komponentti on siis valittava siten, että sen toisiojännite pysyy vakaana alemmillakin ensiöjännitteen tasoil-la.

Aiemman kappaleen mukaisesti akuston jännite määräytyy saatavuudesta ja soveltu-vuudesta johtuen 12 Vdc jännitetasoon. Akustolle asetettuja vaatimuksia ovat, koko, saatavuus, lataussyklit, milliampeeritunnit ja kotelointi. Tulevaisuuden ja asiakkaan kannalta on suositeltavaa, että akun käyttöiän lähestyessä loppuaan, se olisi vaihdetta-vissa uuteen vastaavaan ilman kalliita komponentteja ja ilman suurta teknistä tietämys-tä. Tämä tarkoittaa käytännössä kuluttajakäyttöön tarkoitettua akkua. Kuluttaja-akkuja on tarjolla erittäin laajasti, eikä näin ollen loppukäyttäjä ole sidottu yhteen toimittajaan. Akkuteknikka on kehittynyt viime vuosina vastaamaan entistä paremmin kannettaville laitteille asetettuja vaatimuksia kokonsa ja suuren kapasiteettinsa ansiosta. (O'Shea n.d. Power Electronics News.) Akuston käyttöikä on merkittävä kriteeri, sillä asiakkaille tarjottava takuu asettaa vaatimukset akun toiminnalle.

Akuston lataussykliä minimimäärää on syytä lähteä määrittämään kolmen vuoden käyttöiän perusteella. Laitteen käyttö voidaan ajatella päivittäiseksi viitenä päivänä vii-kossa. Päivän aikana akusto ajetaan tyhjäksi ja ladataan. Näiden raamien mukaan las-kemalla akuston tulisi kestää 780 lataussykliä kolmen vuoden aikana. Lataustaajuuden merkittävin muuttuja on akuston kapasiteetti. Kapasiteetin laskennassa on tehtävä mää-rityksiä sille, mitä laitteita akustoon kytketään. Valittaessa käytettävää paneelia merki-tykselliseksi seikaksi muodostuu se, tarvitseeko laite ulkoisen virtalähteen vai onko lait-teessa oma akusto. Jos paneelissa on oma akusto, voidaan se pitää erillään muita kom-ponentteja ylläpitävästä akustosta. Tällä ratkaisulla päästään hinnaltaan edullisempaan

akusto- ja muuntajakokoonpanoon. Microsoft Surface-paneelin akusto on jännitteeltään 12 Vdc, joten erillisiä latauspiirejä molempien akkujen lataamiseen ei tarvita (Microsoft, Surface Pro). Laitteelle määritelty toiminta-aika luo raamit akkukapasiteetin minimitasolle. Määrittämällä laitteen toiminta-ajaksi neljä tuntia, saadaan muuntajan ensiöpuolen minimikapasiteetiksi noin 4000 mAh. Yhden ampeerin tulovirta tarkoittaa, että muuntajaa käytetään maksimitehollaan. Todellisuudessa tällaisiin virrankulutuksiin ei kuitenkaan jouduta kuin hetkellisesti. Normaalikäytössä akustoon kytkettävät laitteet eivät, tarvitse kuin 100 mA virran, eikä tästä syystä akun kapasiteetin tarvitse olla yhtä suuri, kuin maksimivirralla määritelty. Käytettäessä Beijerin X2 paneelia, joka tarvitsee ulkoisen virtalähteen, tulee akuston olla kapasiteetiltaan noin kaksinkertainen (Heikkilä 2017). Tarkemmat kapasiteetilaskelmat on määriteltävissä vasta prototyyppivaiheessa, kun todelliset virrankulutukset tunnetaan.

5.3.7 Kotelointi

Laitteen kotelointi ja käytettävä paneeli ovat koko laitteiston tärkeimpiä asiakkaan mielikuviin vaikuttavia tekijöitä. Valmistustekniset ja ergonomiset ominaisuudet on pidettävä suunnittelun lähtökohtana. Kotelointi täytyy suunnitella siten että komponentit on yksinkertaista asentaa. Lisäksi koteloinnin suunnittelussa on otettava huomioon se, että komponenteilla on tietty elinikä, eikä niitä välttämättä ole tarjolla tulevaisuudessa. Koteloinnin ergonomiassa on otettava huomioon kannateltavuus yhdellä kädellä samalla kun toista kättä käytetään laitteiden ohjaukseen. Laite ei saa pudota helposti kädestä, joka tarkoittaa jonkinlaisen kahvan lisäämistä. Hätä-seis-painike on sijoitettava siten, ettei se häiritse muuta käyttöä. Sallintapainike on sijoitettava siten, ettei kannattelevan käden asentoa tarvitse muuttaa painettaessa painiketta. Laitteiden ohjaukseen tarkoitettu komponentti on sijoitettava siten, että sen käyttö onnistuu helposti vapaalla kädellä. Langaton lähetinmoduuli ja sen antenni on sijoitettava niin, ettei se estä sujuvaa käyttöä. Kotelon valmistusmateriaali on muovi ja se valmistetaan joko ruiskuvaluna tai 3d-tulostamalla.

Ruiskuvaluna valmistetun koteloinnin etuna ovat tulevaisuuden pienemmät tuotanto kustannukset. Valmistettavien valujen lujuus ja laatu on erinomainen. Ensimmäisen kappaleen hankintahinta on varsin korkea, koska hintaan sisältyy valumuotin valmistus. Valumuotin valmistuttua seuraavien kappaleiden tuotantohinta putoaa huomattavasti.

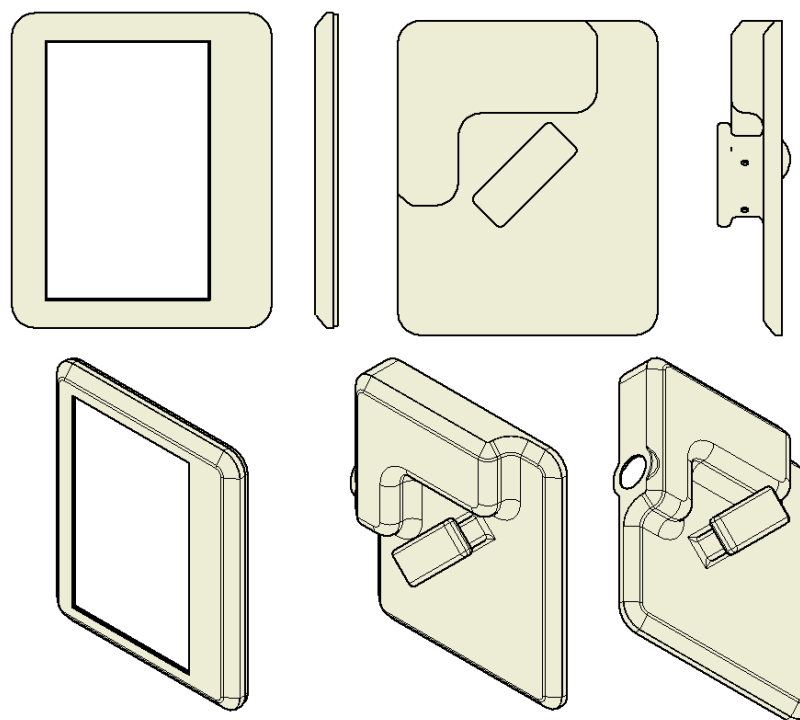
Nykyaikaisilla kaasuvuoteisella ruiskuvalulaitteella voidaan valmistaa monimutkaisia muotoja, mutta tiettyjä rajoituksia muotojen monimutkaisuudelle syntyy muottien irrottamiseen vaadittavasta tilasta. Ruiskuvalun heikkoutena voidaan pitää huonoa muokattavuutta. Kotelon mallin muuttuessa uuden komponentin johdosta, tulee mallille valmistaa uusi valumuotti, jolloin hinta on taas ensimmäisen hankinnan tasolla. Ruiskuvaluja valmistavan Profmer:in edustajan mukaan kotelointi-kappaleessa esitellyn mallin valmistaminen on käytännössä mahdoton ilman muokkauksia geometriaan. (Mattila 2018.)

Nykyaikainen tulostustekniikka mahdollistaa laadultaan lopputuotteeksi kelpaavien tulosteiden valmistamisen. 3d-tulostamisen etuna on monimutkaisten muotojen toteuttaminen ja muokattavuus. (Redwood n.d.) Tulostustekniikoita ja materiaalivaihtoehtoja on huomattavan suuri määrä. Merkittävänä valinnan kriteereinä voidaan ajatella laatua ja kestävyyttä. Riittävän laadun saavuttamiseksi on kotelo tulostettava SLS-tekniikalla (Selective laser sintering). Tulostustekniikassa muovijauhe levitetään koko tulostusalueen laajuudelle ohueksi kerrokseksi, jonka jälkeen geometrian mukainen alue jauheesta sulatetaan tehokkaalla laserilla. Tekniikan suurimmat edut ovat erittäin tarkka laatu ja se ettei erillisiä tukiainetulosteita tarvita. (Varotsis n.d.) Tulostuspalveluita tarjoavia yrityksiä on perustettu viime vuosina useita. Toimittajaksi valittavan yrityksen kriteereiksi määrytyvät laitekanta ja hinta. Tulostuspalveluille ominaista on selainpohjainen palvelu, jossa stl-tiedostojen latauksen jälkeen valitaan haluttu tulostustekniikka, materiaali, väri, laatu, ja asettelu. Kappaleiden tulostusasetusten määrittäminen vaatii hieman tuntemusta kappaleeseen vaikuttavista voimista ja 3d-tulostamisen ominaisuuksista. Seuraavassa kappaleessa esitellyn koteloinnin tulostamismahdollisuudet on selvitetty amerikkalaisen Shapeways ja Suomalaisen Maker3D tulostuspalveluiden kautta. Molemmat yritykset lupaavat tulostuksen olevan mahdollista.

5.3.8 Mallintaminen

Tulostusmallin suunnittelu on mahdollista lähes millä tahansa 3d-mallinnusohjelmalla. Ohjelmissa ilmenevät erot, jotka vaikuttavat lopputuotteeseen syntyvät niiden kyvystä muodostaa stl-malli olemassa olevasta 3d-mallista. Tämä ominaisuus vaikuttaa erityisesti pyöreiden muotojen tulostamiseen. Onkin suositeltavaa, että kaupallisiin tarkoituksiin suunnitelluissa malleissa käytetään kappale- ja mekaniikkasuunniteluun tarkoitettuja ohjelmia. 3d-mallintaminen luo myös mahdollisuuden kokoonpanojen täysin uu-

denlaiseen tarkastelemiseen. Komponentteja voidaan sijoitella fyysisten mallien avulla erilaisiin kokoonpanoihin, jonka perusteella teollinen muotoilu toteutetaan. Koteloinnin suunnittelun lähtökohdat on esitelty jo aiemmin tässä kappaleessa. Näiden määritysten pohjalta suunniteltua mallia ei voida pitää valmiina tuotteena, vaan kehityspolkuun kuuluu usean mallin valmistaminen ja kokeileminen käytännössä. Seuraavassa kuvassa on nähtävissä havainnollistusvaiheen malli sivuohjauspaneelin koteloinnista.



KUVA 20. Esimerkki sivuohjauspaneelin koteloinnista.

Merkittäväksi asiaksi lopullisen mallin suunnittelussa tulee käsituntumasta. Tuntumaan vaikuttaa komponenttisijoittelun lisäksi esimerkiksi painopisteen sijainti, käyttöote ja koteloinnin koko. Koteloinnin suunnittelu on mahdollista tilata ulkopuoliselta yritykseltä tai tuottaa yrityksen sisällä. Itse tehtynä malliin on mahdollista tehdä muutoksia helposti havaittujen muutosehdotusten perusteella. Pidettäessä suunnittelu talon sisällä muodostuu ohjelmistolisensseistä lisäkuluja.

5.3.9 Tarvittavat lisälaitteet ja komponentit

Edellä esitettyjen komponenttien ja laitteiden lisäksi on ohjaimen sisään sijoitettava toimintaa tukevia komponentteja. Johdotus laitteiden välillä on toteutettava niin, ettei lopputuotteeseen tehtävien huoltojen toteuttamiseen tarvita erikoist työkaluja. Käytän-

nössä tämä tarkoittaa valmiita johtosarjoja ja liittimiä tai pienten riviliittimien sijoittamista koteloinnin sisään. Akustojen lataus toteutetaan yhdellä latauspisteellä koteloon sijoitettujen johdinpintojen kautta. Sirius act liityntämoduulin liittäminen langattomaan lähettimeen toteutetaan valmiskaapelilla. Valmiskaapelin liittimet ovat rj45-uros ja M12 D-koodattu. M12-liitin tulee toteuttaa 90 asteen kulmaliittimellä tilan säästämiseksi. Virtalähteen piirilevyn aiheuttamat kustannukset ovat erittäin pieniä, sillä tilauksesta valmiita pohjia valmistavien yritysten määrä on kasvanut räjähdysmäisesti viimevuosina. Komponenttien suojaukseen tarvittavat sulakkeet ja niiden pohjat luovat pieniä lisäkuluja. Tarkemmat komponenttilistaukset ja niistä muodostuvat kulut on nähtävissä liitteestä 1.

Ohjainta säilytetään omassa seinäasenteisessa kotelossaan, jonka kautta laite ladataan ja sen hätä-seis-piiri otetaan käyttöön. Hätä-seis-piirin ohitus ja käyttöönotto tulee suorittaa erillisellä kytkimellä ja ohjaimen tunnistuksella. Ohjaimen kaappiin asettaminen voidaan tunnistaa esimerkiksi magneettisilla ovirajakytkimillä. Hätä-seis-piiri tulee olla mahdollista ohittaa vasta kun ohjain on tunnistettu asetetuksi kaappiin. Vastavuoroisesti piirin käyttöönotto vaatii ohjaimen kaappiin asettamisen ja toimivan langattoman yhteyden. Käytettävässä akustossa on oma suojapiiri, joten lataus voidaan suorittaa tavallisella 12 Vdc virtalähteellä.

5.3.10 Omavalmistehajaimen kehityksestä muodostuvat kulut

Sivuohjauspaneelin kokonaishinta määräytyy käytettävien komponenttien, kokoonpano kustannusten ja käyttöönoton mukaan. Kehitettäessä uutta tuotetta, jossa käytetään uudennlaisia komponentteja ja valmistusmenetelmiä, muodostuu kehitystyön aikana prototyyppivaiheen kustannuksia. Ensimmäiseen käyttökelpoiseen paneeliin on todennäköistä päästä vasta kolmannen prototyypin kohdalla. Suurin osa elektronisista komponenteista on käytettävissä uudelleen seuraavassa kokoonpanossa. Ensimmäisen paneelin kotelointi tulee todennäköisesti muuttumaan kehitystyön myötä, joka on otettava huomioon kustannusmäärittelyssä. Näistä aiheutuvia kustannuksia pystytään laskemaan valmistamalla prototyyppivaiheen kotelot edullisemmilla tulostustekniikoilla.

Testausvaiheen kuluja muodostuu esimerkiksi seuraavista työvaiheista:

- Kotelon ergonomian testaus ja suunnittelu
- Laitteiston kokoonpano
- Langattoman kommunikoinnin testaus
- Safety-kommunikoinnin testaus langattomasti
- Hätä-seis-kytkimen langattoman yhteyden muodostaminen
- Sallintapainikkeen tilatiedon langaton siirto
- Kääntö enkooderin toiminnan testaus Sirius act liityntämoduulin kautta
- Langattoman yhteyden kantaman testaus
- Virrankulutuksen mittaus
- Toiminta ja uudelleenyhdistäminen yhteyden katketessa
- Toiminta akun varaustason laskiessa
- Lataustelineen ergonomia testaus
- Laitteiston iskunkestävyyden testaus

Edellä esitettyjen työvaiheiden lisäksi kehitystyössä muodostuu kuluja ohjelmistokehityksestä, koteloinnin uudelleen suunnittelusta ja laitteiston tuotteistamisesta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tarjolla olevien ja itse valmistettavan paneelin soveltuvuus aiemman paneeliratkaisun seuraajaksi SIMATIC S7-pohjaiseen järjestelmään. Työn tuloksena saavutettiin tieto siitä, ettei yksikään markkinoilla tällä hetkellä olevista laitteista kykene deterministiseen langattomaan kommunikointiin. Tämä seikka sulki pois mahdollisuuden käyttää kolmannen osapuolen laitteita järjestelmässä, jonka on saavutettava SIL 3 taso. Tulosten perusteella työtä lähdettiin viemään suuntaan, jossa itse valmistettava paneeli on ainut mahdollinen vaihtoehto.

Paneelin kehitystyö aloitettiin määrittämällä hätä-seis-pysäytykseen käytettävä komponentti. Täysin uudenlaisen komponentin ominaisuudet mahdollistivat tarvittavan tekniikan sovittamisen pieneen kannettavaan laitteeseen. Profinet-yhteensopivien komponenttien ansiosta, langaton kommunikointi on mahdollista toteuttaa niin, että sen toiminta voidaan luotettavasti ennustaa. Kehitystyössä suoritettu toimintojen jako erillisiksi prosesseiksi muuttaa sivuohjauspaneelin lähemmäs valvomomaista tekniikkaa. Serveripohjaisten kommunikointien käyttö kannettavissa laitteissa ei ole uutta. Uutta on se, että samalla laitteella pystytään suorittamaan laaja prosessin valvonta ja toimilaitteiden monimutkainen ohjaus. Jaottelun ansiosta visualisoinnissa ilmenevä viive ei vaikuta järjestelmän turvakomponenttien toimintaan.

Aiemmissa kappaleissa esitettyjen päätelmien ja suunnitelmien pohjalta voidaan turvallisesti todeta, että sivuohjauspaneeli on mahdollista valmistaa itse siten, että se täyttää turvallisuuden, laadun, toiminnan ja kustannusten muodostamat kriteerit. Omavalmisteinen laite parantaa riippumattomuutta yhdestä laitetoimittajasta. Suunnittelun lähtökohtana on syytä pitää koko prosessin toteutuksen ajan muokattavuus, jotta uudet ja innovatiiviset kehitysideat pystytään sisällyttämään laitteistoon. Paneelin kehityksen varattavia resursseja määritettäessä on pidettävä mielessä, että tässä dokumentissa esitettyjen teknisten ratkaisujen toteuttaminen on osaltaan täysin uudenlaisen kokoonpanon luomista. Kehitykseen sisältyy edelleen useita avoimia kysymyksiä, joihin vastauksen saaminen edellyttää käytännön testausta, dokumentointia ja suunnittelua.

Teollisuusautomaation kehitys kiihtyy tulevana vuosina entisestään. Kehityssuunta on menossa kohti avoimiin kommunikointiprotokolliin perustuvia järjestelmiä. On kuitenkin

kin huomioitava, että reaaliaikaiseen ohjaukseen tarkoitettujen komponenttien tiedonsiirto ei nykyisten serveripohjaisten sovellusten avulla ole mahdollista. Uuden sivuohjauspaneelin jaottelu kahteen toimintoon mahdollistaa laitteen kehittämisen molempiin suuntiin. Laitetta on mahdollista käyttää tavallisen HMI-paneelin tapaan tai osana SCADA-järjestelmää. Oman tuotteen valmistaminen sisältää aina riskin, mutta tämän hetkisen markkinakatsauksen perusteella on todettava, että esitetyn laitteen kaltaiselle tuotteelle on kysyntää.

Työlle asetettu tavoite uuden sivuohjauspaneeliratkaisun kehitystyöstä on täyttynyt. Laitteen suunnittelussa vastaan tulleiden ongelmien ratkaisut ovat vaatineet syvällistä perehtymistä tekniikoiden periaatteisiin. Ongelmat ovat kuitenkin olleet ratkaistavissa yhdistelemällä useista lähteistä saatava tieto yhdeksi kokonaisuudeksi. Työn aikana saatu opastus ja asiantuntijatieto ovat olleet ratkaisevassa asemassa työn onnistumisessa. Työn tehokkaampi läpivienti olisi ollut mahdollista tarkemmalla aikataulutuksella. Työn vaikeusaste on tehnyt opinnäytetyökokonaisuudesta erittäin palkitsevan. Kehitystyötä lähdetään viemään eteenpäin omana kehitysprojektinaan.

LÄHTEET

Bolton, W. 2009. Programmable Logic Controllers. 5. painos. Burlington: Elsevier Science.

Creech, G. 2007. Black Channel Communication: What is it and how does it work. Sage Journals 12/2007. Luettu 14.3.2017.
<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/002029400704001003>

Faden, J. 2015. Handbook of Modern Sensors : Physics, Designs, and Applications. 5. painos. Cham: Springer.

Frenzel, L. 2017. Electronics Explained. Fundamentals for Engineers, Technicians, and Makers. Oxford: Elsevier Science & Technology 2017

General Touch. 5-Wire Resistive Touch. Tuotekuvaus. Luettu 6.3.2018.
<http://www.generaltouch.com/5-wire-resistive-touch>

Hollender, M. 2010. Collaborative process automation systems. Research Triangle Park, Pohjois Carolina: ISA

Jaakkola, L. Suunnitteluinsinööri. 2017. Haastattelu 22.11.2017. Haastattelija Virta, A. Tampere.

Joutsniemi, H. Application engineer. 2018. Wireless module - FL WLAN 1100 - 2702534 soveltuvuudesta. Sähköpostiviesti. hjoutsiniemi@phoenixcontact.com. Luettu 30.1.2018.

Keba. Ketop catalog. Tuote-esite. Luettu 10.1.2018.
<https://www.keba.com/en/industrial-automation/products/systems/ketop>

Lawson, B. N.d. Electric Drives - Motor Controllers and Control Systems (Description and Applications). Electropaedia. Luettu 26.2.2018.
<http://www.mpoweruk.com/motorcontrols.htm>

Megatron. Finger Joystick Series SpaceMouse® Module. datalehti. Luettu 25.1.2018.
<https://www.megatron.de/en/products/finger-joysticks/finger-joystick-series-spacemouser-module/download/926.html>

Megatron. Optoelectronic Handwheel MHU. datalehti. Luettu 25.1.2018.
<https://www.megatron.de/en/products/optical-encoders-manual/optoelectronic-handwheel-mhu/download/103.html>

Mehta, B. R. & Reddy, Y. Jaganmohan. 2015. Industrial Process Automation Systems: Design and Implementation. Amsterdam: Butterworth-Heinemann.

Microsoft Hardware- Takuutiedot. N.d. Limited warranty. Luettu 1.4.2018.
<http://download.microsoft.com/download/3/B/5/3B54A015-3714-4BFF-8BF0-003BA0B15F5C/Limited%20Warranty.pdf>

National instruments. Encoder Measurements: How-to guide. Luettu 23.2.2018
<http://www.ni.com/tutorial/7109/en/>

Neumann, L. Regional Sales Director Industrial Automation. 2017. AW: Contact Keba. Sähköpostiviesti. nma@keba.com. Luettu 14.11.2017.

Niermann, L. Technical Support. 2018. AW: VisiWin 7 and S7 – 1500. Sähköpostiviesti. stefan.niermann@inosoft.com. Luettu 22.1.2018.

Nurmi, M. Technical Support. 2018. KTP900F Mobiilipaneelin prosessori. Sähköpostiviesti. mika.nurmi@siemens.com. Luettu 22.1.2018.

O'Shea, P. N.d. A revolution alongside an evolution pushes battery technology forward. Power Electronics News. Luettu 10.3.2018.
<https://www.powerelectronicsnews.com/technology/a-revolution-alongside-an-evolution-pushes-battery-technology-forward>.

Phoenix Contact. Toiminnallinen turvallisuus: PROFIsafe. Luettu 7.3.2018.
https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi?ldmy&urile=wcm:path:/fifi/web/main/products/technology_pages/subcategory_pages/Safety/916ff0d6-5046-4fa4-9a36-00e3abbe60/916ff0d6-5046-4fa4-9a36-00e3abbe60

Pigan, R. & Metter, M. 2008. Automating with PROFINET: Industrial Communication based on Industrial Ethernet. Erlangen: Publicis Publishing.

Piotr, M. 2017. Install WinCC Flexible 2008 on Windows 10. Siemens Industry Online Support. Luettu 25.3.2018. <https://support.industry.siemens.com/tf/ww/en/posts/install-wincc-flexible-2008-on-windows-10/164747/?page=0&pageSize=10>

Redwood, B. N.d. The Advantages of 3D Printing. 3d hubs. Luettu 10.2.2018.
<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/advantages-3d-printing>.

Reynders, D. & Wright, E. 2003. Practical TCP/IP and Ethernet networking. Amsterdam; Boston: Elsevier Science.

Salvendy, G. 2012. Handbook of human factors and ergonomics. 4. painos. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

SFS-EN 12100.2010. Koneturvallisuus: YLEISET SUUNNITTELUPERIAATTEET, RISKIN ARVIOINTI JA RISKIN PIENENTÄMINEN. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 3.12.2017. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN ISO 13850.2015. Koneturvallisuus: Hätäpysäytys suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 5.3.2017. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 62061.2005. Koneturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 5.3.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Siemens Suomi. Hajautettu I/O (ET 200). Tuotekuvaus. Luettu 26.2.2018.
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaat_iotekniikka/hajautettu_io_et200.php

Siemens Suomi. Kannettavat operointipaneelit. Tuotekuvaus. Luettu 5.3.2018.
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaat_iotekniikka/kayttoliittymat/operointipaneelit/kannettavat.php

Siemens Suomi. Profinet. Tuotekuvaus. Luettu 2.3.2018.
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaat_iotekniikka/teollinen_tiedonsiirto_esim_profinet/profinet.htm

SIMATIC HMI HMI devices Mobile Panels 2nd Generation. 2015. Siemens Industry Online Support. Operointimanuaali. Luettu 10.3.2018.
https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109477845/hmi_mobile_panels_2nd_generation_operating_instructions_en-US.pdf?download=true

Tobias, M. 2016. How to Prevent Over-Engineering in Building Components. Newyork Engineers. Luettu 10.4.2018. <https://www.ny-engineers.com/blog/how-to-prevent-over-engineering-in-building-components>

Varotsis, A. N.d. Introduction to SLS 3D Printing. 3d hubs. Luettu 10.2.2018.
<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-sls-3d-printing>.

William, B. 2014. Calculation Example: Paper feed speed from motor RPM. Siemens Industry Online Support. Luettu 21.2.2018
<https://support.industry.siemens.com/tf/ww/en/posts/calculation-example-paper-feed-speed-from-motor-rpm/114409/?page=0&pageSize=10>

Wisniewski, L. 2017. New Methods to Engineer and Seamlessly Reconfigure Time Triggered Ethernet Based Systems During Runtime Based on the PROFINET IRT Example. Berlin; Heidelberg: Vieweg.

Zhang, Q. Shurong, L. Jianxin, G. 2014. Minimum Time Trajectory Optimization of CNC Machining with Tracking Error Constraints. Researchgate. Luettu 7.1.2018
https://www.researchgate.net/publication/274918550_Minimum_Time_Trajectory_Optimization_of_CNC_Machining_with_Tracking_Error_Constraints

LIITTEET

Liite 1. Sivuohjauspaneelin osaluettelo

-tämä liite on luokiteltu salassapidettäväksi